# LE MOTEUR

Tout savoir sur le moteur à combustion interne

Elhilali Alaoui Adnane

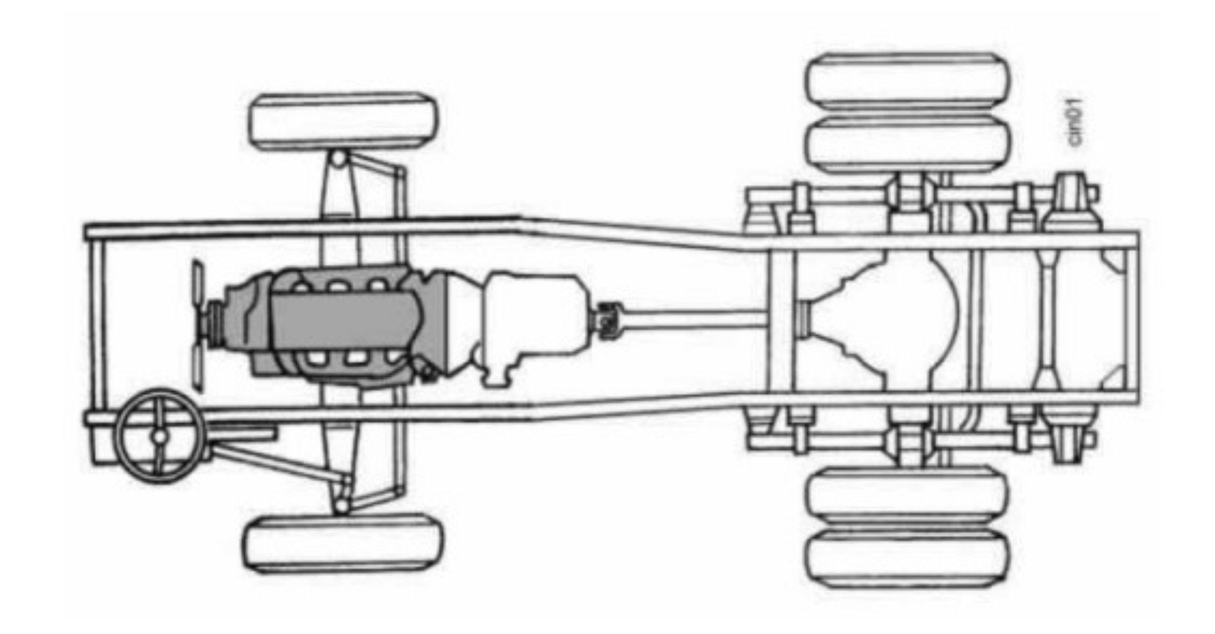
EMI département Génie Mécanique

15 juin 2006

# LE MOTEUR

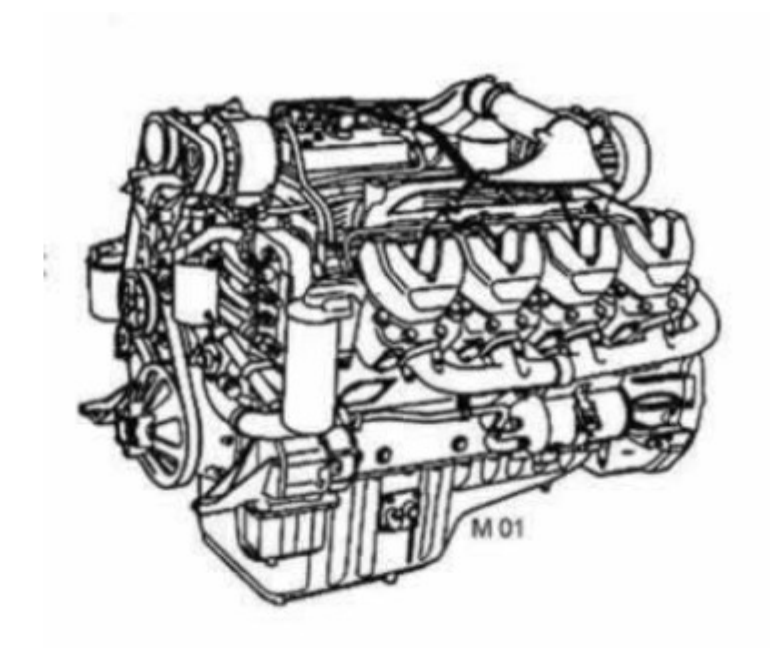
## I – EMPLACEMENT :

Situé dans un compartiment aménagé généralement à l'avant pour les véhicules de transport de marchandises et à l'arrière pour les véhicules de transport en commun.



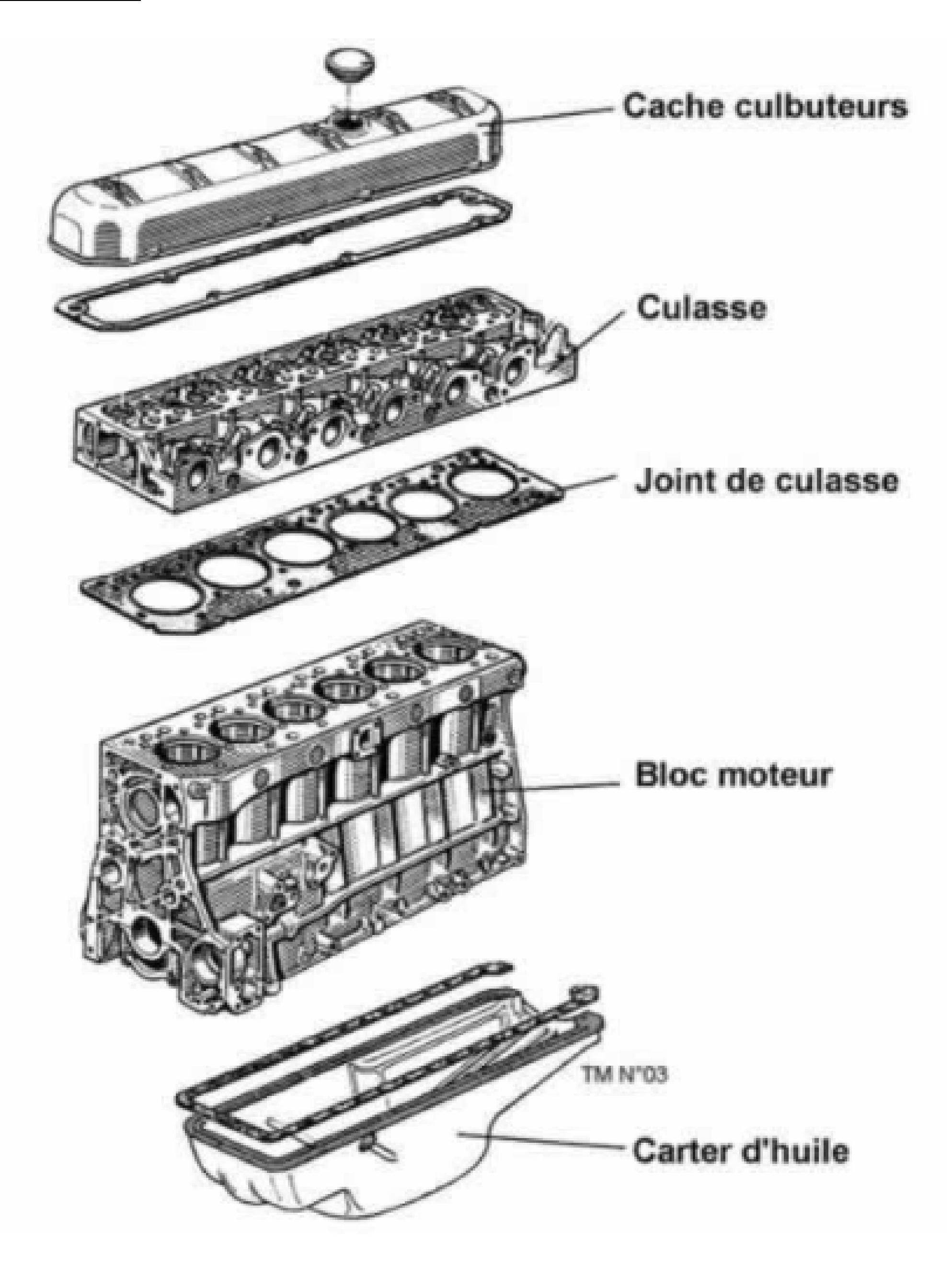

## II – ROLE :

Assurer la propulsion du véhicule par transformation d'une énergie thermique due à la combustion en énergie mécanique (transforme de la chaleur en mouvement).

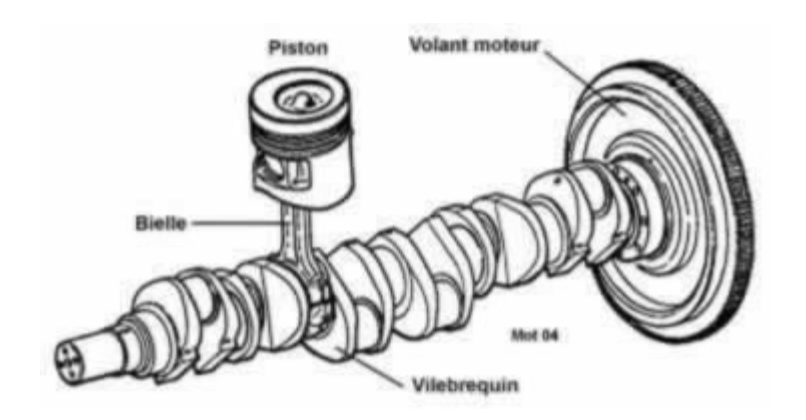


## III – ORGANISATION :

### a) Organes fixes.



b) Organes mobiles (attelage mobile).




## *IV– ALESAGE, COURSE, CYLINDREE : DEFINITIONS :*

### *a) Alésage.*

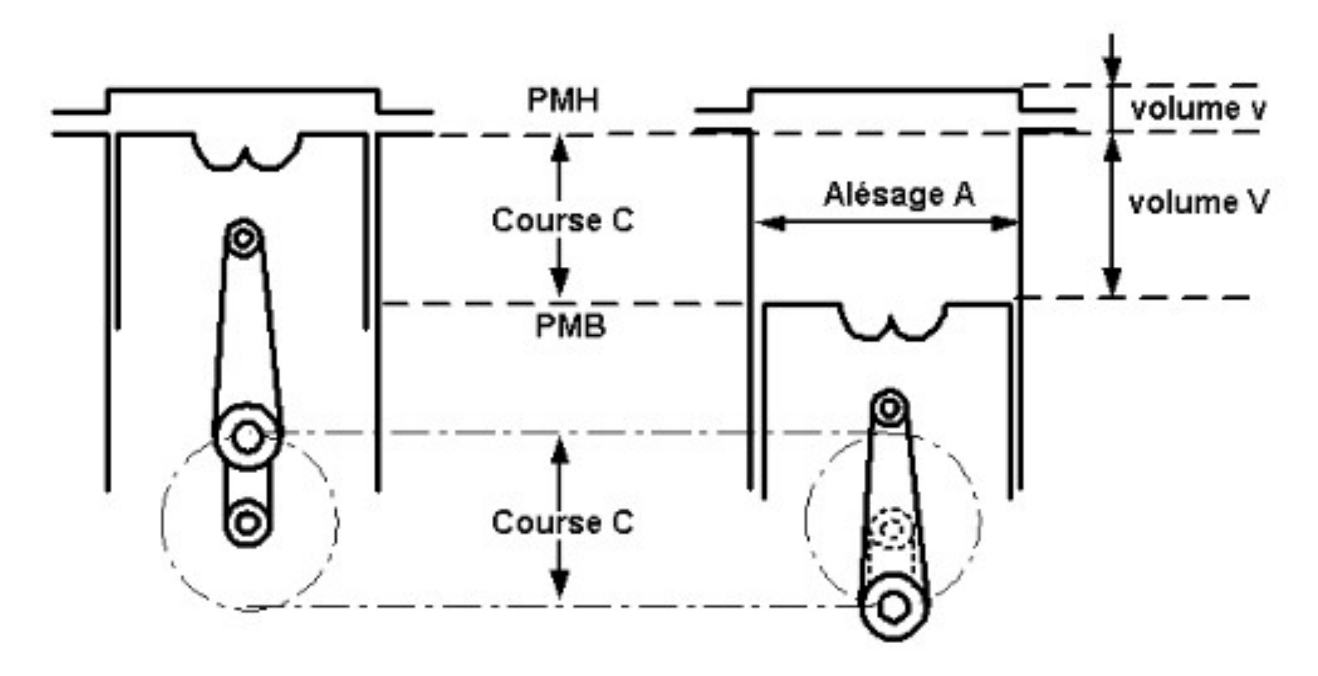
C'est le diamètre des cylindres exprimés en millimètres. Il varie de 90 à 150 mm environ.

### *b) Course.*

C'est la distance parcourue verticalement par le piston entre le Point Mort Haut (PMH) et le Point Mort Bas (PMB) qui varie de 90 à 179'nm environ. L'alésage est généralement inférieur à la course. S'ils sont identiques, le moteur est appelé "carré". Si l'alésage est supérieur à la course, il est appelé "super-carré".La tendance actuelle est aux moteurs ayant une course supérieure à l'alésage.

### *c) Cylindrée.*

Le volume engendré par le déplacement du piston entre ses points morts (PMH - PMB) s'appelle la cylindrée unitaire. La cylindrée unitaire multipliée par le nombre de cylindres donne la cylindrée du moteur. Elle varie de 3 à 17 litres. En raison du développement de la suralimentation, les cylindrées moyennes des moteurs modernes sont en diminution.



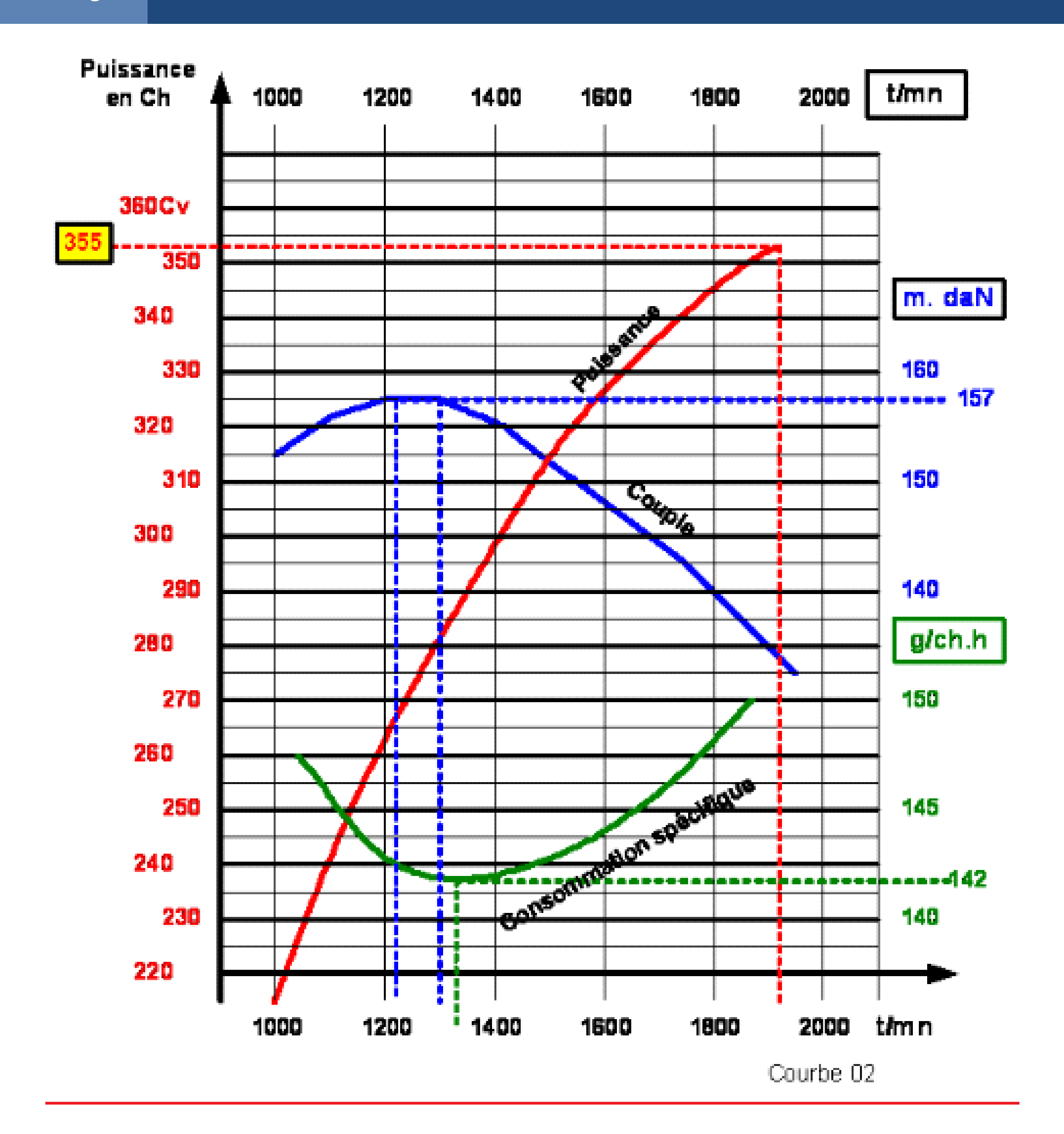

## V – NOTION DE PUISSANCE, DE COUPLE :

### a) La puissance.

C'est le travail fourni par une machine divisé par le temps mis pour le réaliser. Le calcul est le suivant P = W / T è (P = puissance, W = travail), T = temps). Pour un moteur, on calcule la puissance développée en fonction du nombre de tours/minute.L'unité de puissance est le watt avec pour multiple le kilowatt (KW) qui équivaut à 1000 watts.La puissance peut également s'exprimer en chevaux (CH Din) sachant qu'un cheval est égal à 736 watts.

### b) Le couple.

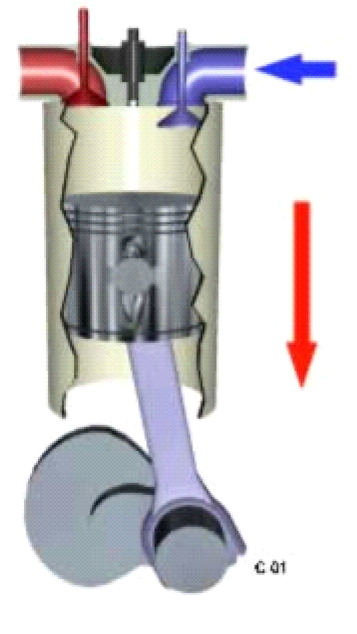
Par définition, le couple est un ensemble de deux forces F, parallèles, opposées, de même intensité et distinctes d'un bras de levier.Dans un moteur à combustion interne, le couple moteur est essentiellement la force F fournie par la combustion qui donne une pression P sur la surface du piston S, d'où F = P X S


Puissance
en Ch
1000
1200
1400
1600
1800
2000
t/mn
360Cv
355
350
340
330
320
310
300
290
280
270
260
250
240
230
220
m. daN
160
157
150
140
g/ch.h
150
145
142
140
Puissance
Couple
Consommation spécifique
1000
1200
1400
1600
1800
2000
t/mn
Courbe 02

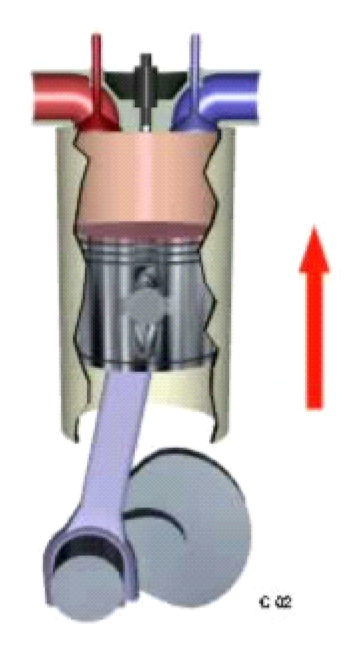
# LE CYCLE A 4 TEMPS

## I – PRINCIPE DU MOTEUR A 4 TEMPS DIESEL :

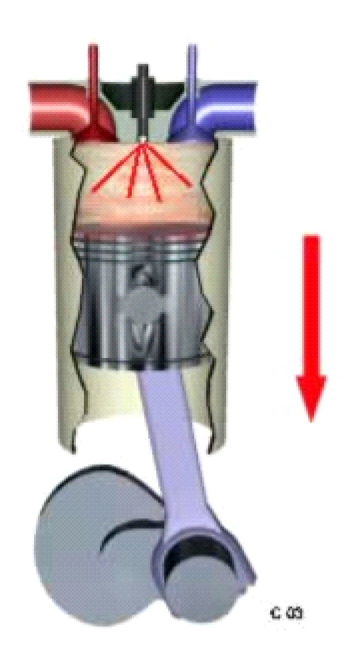
*1er temps : ADMISSION* Descente du pistonè Ouverture de la soupape d'admissionè Remplissage du cylindre par de l'AIRFermeture de la soupape d'admission.



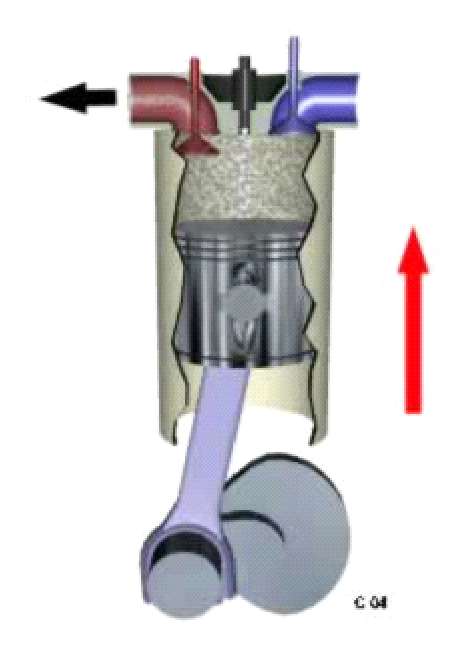

*2ème temps : COMPRESSION* Montée du pistonLes soupapes sont ferméesè Forte élévation de la pression (environ 40 bars) et donc de la température (environ 600°c) pour permette l'auto inflammation.



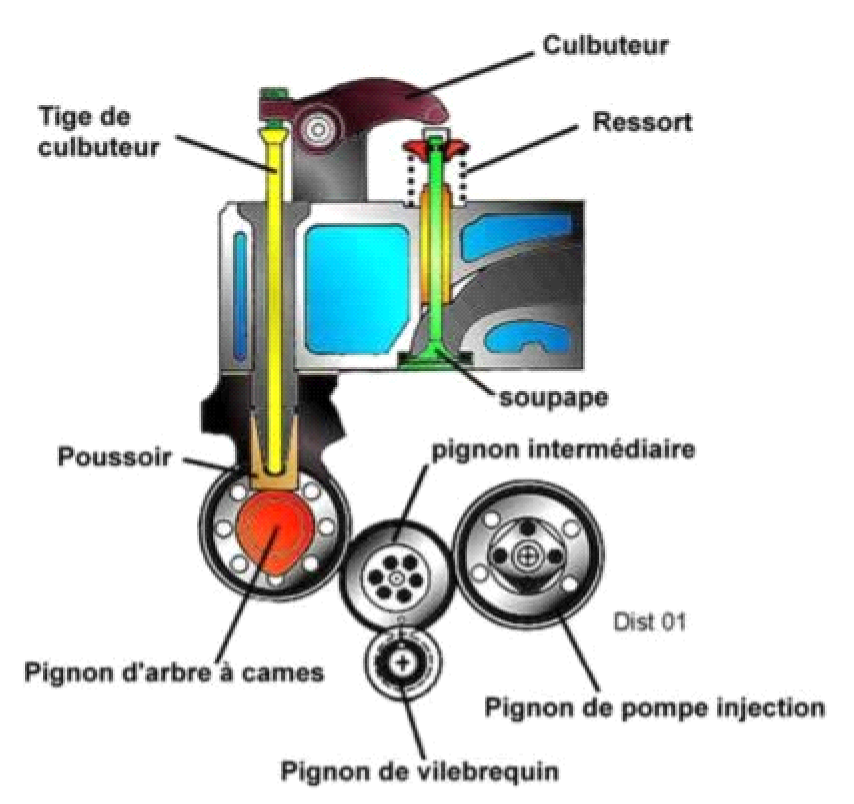
*3ème temps : COMBUSTION – DETENTE (TEMPS MOTEUR)* Le combustible est injecté à haute pression (environ300bars). Il s'enflamme spontanément et continue à brûler tout le temps que dure l'injection (la combustion dure ici plus longtemps que dans le cas du moteur à essence).Sous l'action de la pression (environ 90 bars), le piston descend, **C'EST LE TEMPS MOTEUR.**




*4ème temps : ECHAPPEMENT* La soupape d'échappement s'ouvreè Chute de pressionè Le piston monte et chasse les gaz brûlés contenus dans le cylindre Et le cycle recommenceLors de L'ADMISSION, le moteur aspire de l'AIRL'INJECTION doit se faire à TRES HAUTE PRESSIONLE COMBUSTIBLE S'ENFLAMME par Auto-INFLAMMATIONLa combustion dure le temps que dure l'injection du combustible



# LA DISTRIBUTION.




## *I – ROLE :*

Les organes de distribution permettent d'obtenir l'ouverture et la fermeture des orifices d'admission et d'échappement de chaque cylindre aux moments opportuns du cycle.

## *II – ORGANISATION :*

La distribution d'un moteur comprend :

*a) Un arbre à cames*

Généralement en acier forgé, de forme allongée et cylindrique, comportant des excentriques appelés cames, à raison de deux par cylindre qui assurent l'ouverture des soupapes d'admission et d'échappement, La forme des cames est déterminée en fonction des caractéristiques du moteur.

*b) Des poussoirs et tiges de culbuteurs*

Le poussoir est un organe intermédiaire de forme cylindrique placé entre la came et la tige du culbuteur qui coulisse dans les alésages prévus dans le bloc moteur. Il transmet le mouvement de poussée provoqué par la came à la tige du culbuteur et évite à celle-ci de subir des réactions latérales provoquées par l'action de la came.

La tige de culbuteur, en acier, porte un renflement hémisphérique à ses extrémités, ce qui lui permet de tourner autour de son axe pour éliminer l'effet des réactions dues aux poussées latérales.

*c) Des culbuteurs*

Le culbuteur est un petit levier oscillant monté sur un axe solidaire de la culasse. Il est actionné par la tige du culbuteur et commande par un mouvement de bascule l'ouverture de la soupape.

Un jeu de fonctionnement entre le culbuteur et la tige de soupape est fixé par le constructeur pour tenir compte de la dilatation, due à la chaleur, de cette dernière.

Ce jeu varie de 0,15 mm à 0,20 mm pour les soupapes d'admission et peut atteindre 0,40 mm pour les soupapes d'échappement.

Le recalage des culbuteurs s'effectue très facilement à l'aide d'un jeu de cales.

*d) Des soupapes :*

La soupape présente trois parties distinctes

La tête de forme cylindrique Tronconique, elle repose sur un siège et assure l'étanchéité parfaite du cylindre dont dépend le rendement du moteur. Le collet raccorde la tête à la tige.

La tige de forme cylindrique, elle coulisse à l'intérieur d'un guide et monte dans la culasse ; elle reçoit la poussée du culbuteur. Son extrémité est usinée pour recevoir les deux demi bagues coniques (qui bloquent de bas en haut la coupelle d'appui des ressorts de rappel de la soupape sur son siège).

Le rôle de la soupape est d'ouvrir ou de fermer le passage des gaz frais par la soupape d'admission et des gaz brûlés par la soupape d'échappement.

Les moteurs à 4 temps comportent généralement deux soupapes par cylindre (une soupape d'admission et une soupape d'échappement. Cependant certains moteurs de grosse cylindrée comportent deux soupapes d'admission et deux soupapes d'échappement).

## *II – PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT :*

L'arbre à cames entraîné par le vilebrequin commande, par l'intermédiaire des cames, poussoirs, tiges de culbuteurs et culbuteurs, l'ouverture des soupapes d'admission lors du temps "admission" et des soupapes d'échappement lors du temps "échappement" du cycle à 4 temps. La fermeture des soupapes est assurée par des ressorts de rappel lorsque les cames libèrent les poussoirs.

Le cycle à 4 temps impose une ouverture et une fermeture des soupapes de chaque cylindre tous les deux tours de vilebrequin. L'arbre à cames tourne donc deux fois moins vite que le moteur. Ce résultat est obtenu par montage sur l'arbre à cames d'un pignon ayant un diamètre deux fois supérieur à celui du vilebrequin.

# MOTEUR ESSENCE / MOTEUR DIESEL

## *I - FONCTIONNEMENT COMPARE DES MOTEURS A ESSENCE ET DIESEL*

| CYCLE | DIESEL | ESSENCE |
|---|---|---|
| Admission - 1$^{er}$ temps | Air seul | Mélange air+essence |
| Compression - 2$^{ème}$ temps | Taux de compression30 à 40 bars.<br><br>Elévation de température 500 à 600°C | Taux de compression 10 à 12 bars.<br><br>Elévation de température 320 à 380°C |
| Temps Moteur -3$^{ème}$ temps | Combustion détente injection gazole pulvérisé.<br><br>Auto inflammation détente des gaz<br><br>Température des gaz de 1800°C à 2000°C | Explosion commandée par une étincelle électrique.<br><br>Explosion détente des gaz<br><br>Température des gaz de 2000°C à 2200°C |
| Echappement - 4$^{eme}$ temps | Gaz peu toxiques (particules) | Gaz plus toxiques (C.O) |
| Consommation spécifique | 215 à 300 g/kW/h | 310 à 405 g/kW/h |

# *II - CLASSIFICATION DES MOTEURS DIESEL*

Il existe deux catégories de moteur diesel :

### *a) Les Moteurs à injection directe :*

La chambre de combustion est usinée dans le piston.

L'injecteur débouche directement dans la chambre de combustion, il est du type à trous (plusieurs Orifices)

Avantages :

- Rendement élevé, donc consommation assez faible.
- Bon départ à froid
- Simplicité de réalisation.

Inconvénients :

Moteur bruyant : cognement caractéristique au ralenti et à faible régime.

### *b) Les moteurs à injection indirecte :*

Ils se regroupent en 3 familles :

- L'injection à chambre de précombustion.
- L'injection à chambre auxiliaire de réserve d'air.
- L'injection à chambre de turbulence.

L'injecteur, en principe à aiguille, pulvérise le gazole dans une préchambre située dans la culasse.

La solution la plus répandue pour les moteurs à injection indirecte est la chambre de turbulence, notamment sur les véhicules légers (Peugeot, Renault, Citroën…).

Pour ce type de moteur, un dispositif d'aide au démarrage est indispensable (bougies de préchauffage).

Avantage :

- Pression d'injection moins élevée qu'avec l'injection directe.
- Moteur moins bruyant;

- Combustion plus souple et plus rapide.
- Régimes moteurs plus élevés.

Inconvénients :

- Départ à froid impossible sans dispositif d'aide au démarrage.

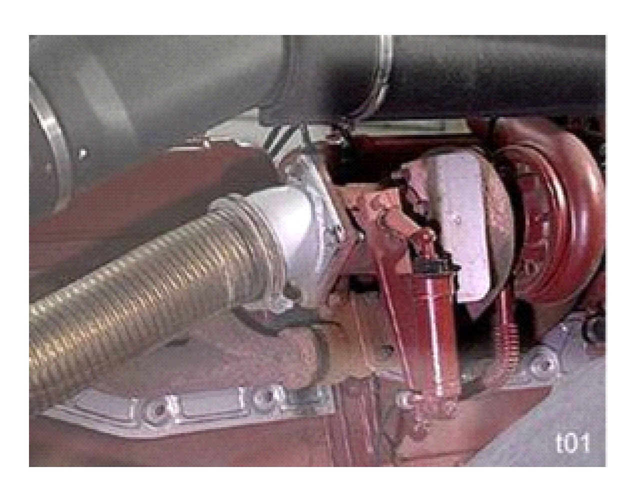
# *LE TURBO COMPRESSEUR*

# *LA REGULATION DES MOTEURS*

## *I - LE TURBO COMPRESSEUR :*

### *a) EMPLACEMENT*

Sur le moteur, sortie collecteur admission échappement: turbine - admission sur l'admission, turbine échappement sur l'échappement.




### *b) ROLE :*

Augmenter le rendement du moteur par une meilleure admission d'air dans les cylindres et une combustion plus importante de carburant.

### *c) PRECAUTIONS D'UTILISATION :*

Au démarrage :

Ne pas accélérer brusquement, mais laisser fonctionner le moteur au ralenti pendant deux minutes afin de permettre une bonne lubrification du turbo.

Avant d’arrêter le moteur

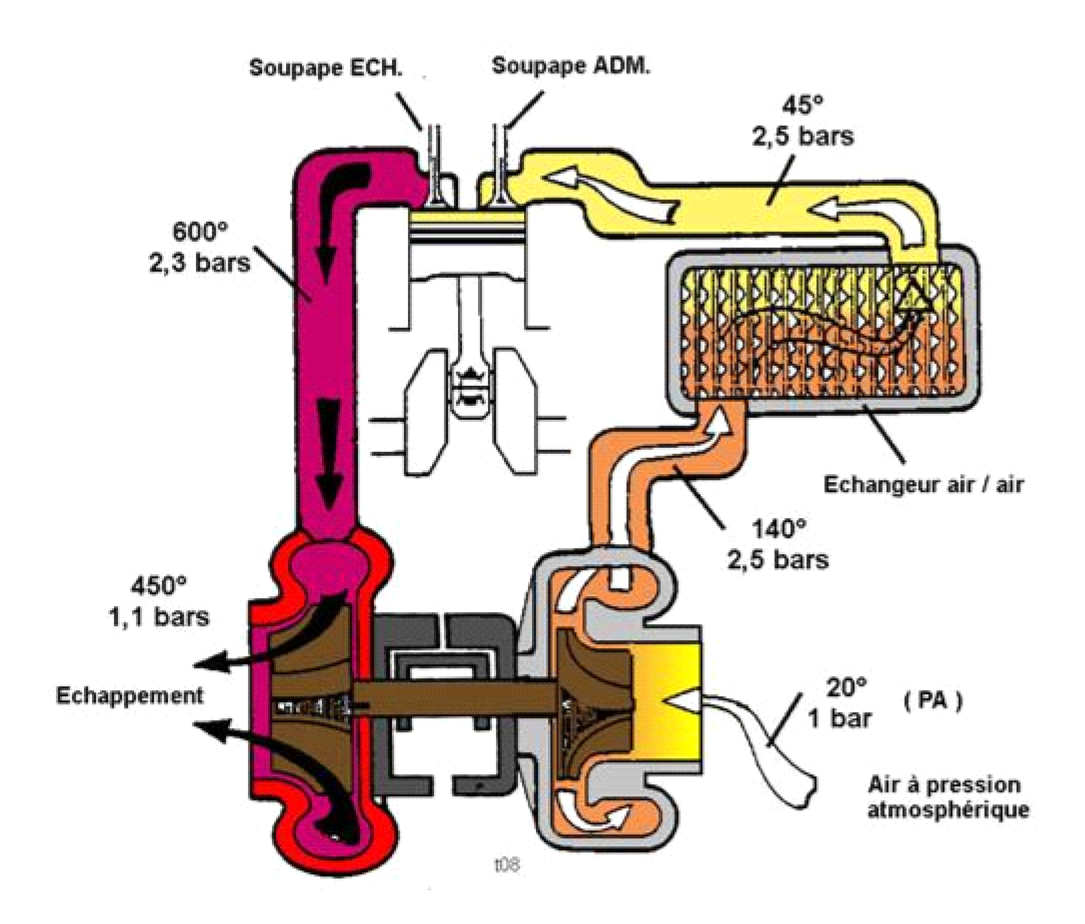
Ne pas accélérer, mais laisser également fonctionner le moteur au ralenti pendant deux minutes car, en cas d'arrêt brutal, les turbines dont la vitesse peut atteindre 120 000 tr/mn (2000 tr/Sc.), continueraient à tourner sans être lubrifiées et subiraient ainsi une détérioration importante.

*d) ENTRETIEN*

Respecter la périodicité des vidanges d'huile du moteur et les caractéristiques d'huile préconisées par le constructeur.

*e) PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT*

Quand le moteur fonctionne, il émet une certaine quantité de gaz sous pression (gaz d’échappement). La pression de ces gaz varie avec la vitesse du moteur. C'est ce flux de gaz d'échappement qui entraîne la première turbine. La deuxième turbine, entraînée par la première par l'intermédiaire de l'arbre de liaison, comprime l'air dans la pipe d'admission. Il y a donc un meilleur remplissage des cylindres.



## *II - LA REGULATION DES MOTEURS :*

### *a) LE LIMITEUR DE VITESSE*

Emplacement

A proximité de la pompe d'inaction.

Rôle

Ce dispositif répond aux réglementations, notamment françaises, concernant la limitation des vitesses maximales par construction

Limitation pour les transports de matières dangereuses

Limitation pour tous les véhicules ayant un PTAC supérieur à 12 T. Le réglage est effectué en usine et plombé, il ne peut être modifié que par un atelier habilité.

Pour obtenir ce résultat, Ie limiteur de vitesse maintient le régime moteur à une valeur conduisant à une vitesse théorique/véhicule inférieure à 80 km/h dans certains cas.

Cette limitation résulte d’une action sur la commande d'accélération pilotée par un calculateur électronique préalablement réglé à une vitesse déterminée du véhicule.

### *b) LE REGULATEUR DE REGIME*

Emplacement

Sur la pompe d'injection.

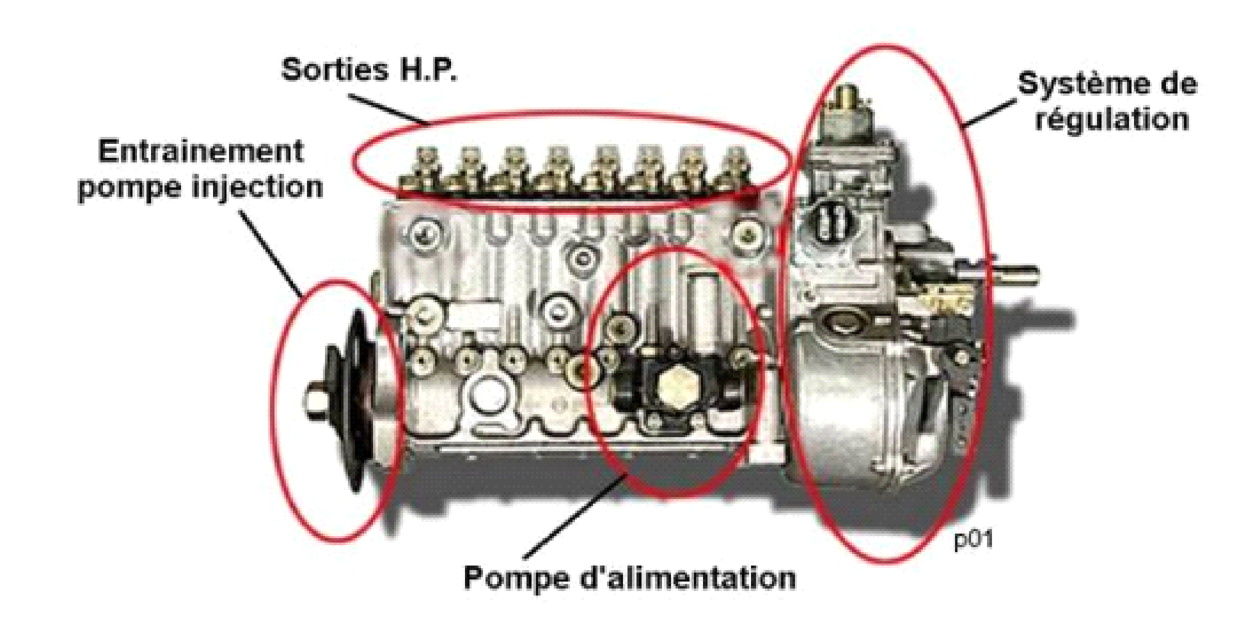
Rôle

Régime ralenti : Le régulateur permet de maintenir le régime moteur à une vitesse minimum en dessous de Laquelle le cycle ne se produirait pas correctement

et où il y aurait risque de calage.

Régime maximal : Le régulateur doit limiter le régime du moteur à une vitesse maximale au-delà de laquelle les organes seraient soumis à des efforts trop importants, d'où risque de rupture ou d'usure prématurée.

Le moteur diesel fonctionnant avec un excès d'air, il est nécessaire de limiter mécaniquement sa vitesse de rotation.




# SURALIMENTATION

# LE REFROIDISSEMENT INTERMEDIAIRE.

## I - L'ECHANGEUR DE TEMPERATURE AIR/AIR ET AIR/EAU

### a) GENERALITES

Une forte pression de suralimentation signifie une compression importante de l'air admis dans le cylindre. Il en résulte une élévation de température qui aura pour conséquences

- D'élever le niveau thermique du moteur,
- D'augmenter moins qu'on le souhaiterait le taux de suralimentation en air du fait de La dilatation provoquée par l'élévation de température.
- En conséquence, il est nécessaire de prévoir un refroidissement de l'air d'admission en cas de suralimentation importante.

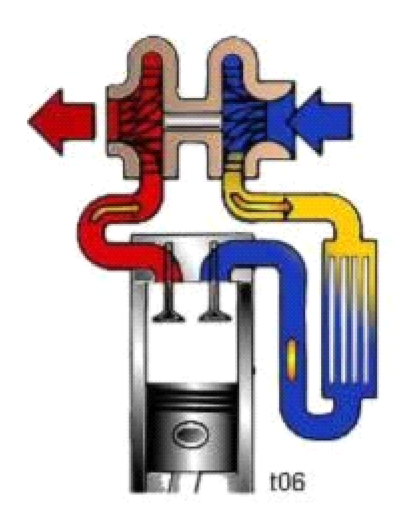
### b) ROLE

L'échangeur de température a pour rôle de ramener la température de l'air comprimé admis de 140°C aux environs de 500°C par l'échangeur air/air, et seulement aux environs de 80°C lorsque l'on utilise l'eau du circuit de refroidissement (système air/eau très peu utilisé)

La présence de l'échangeur permet ainsi

- D'augmenter la masse d'air introduite dans le cylindre.

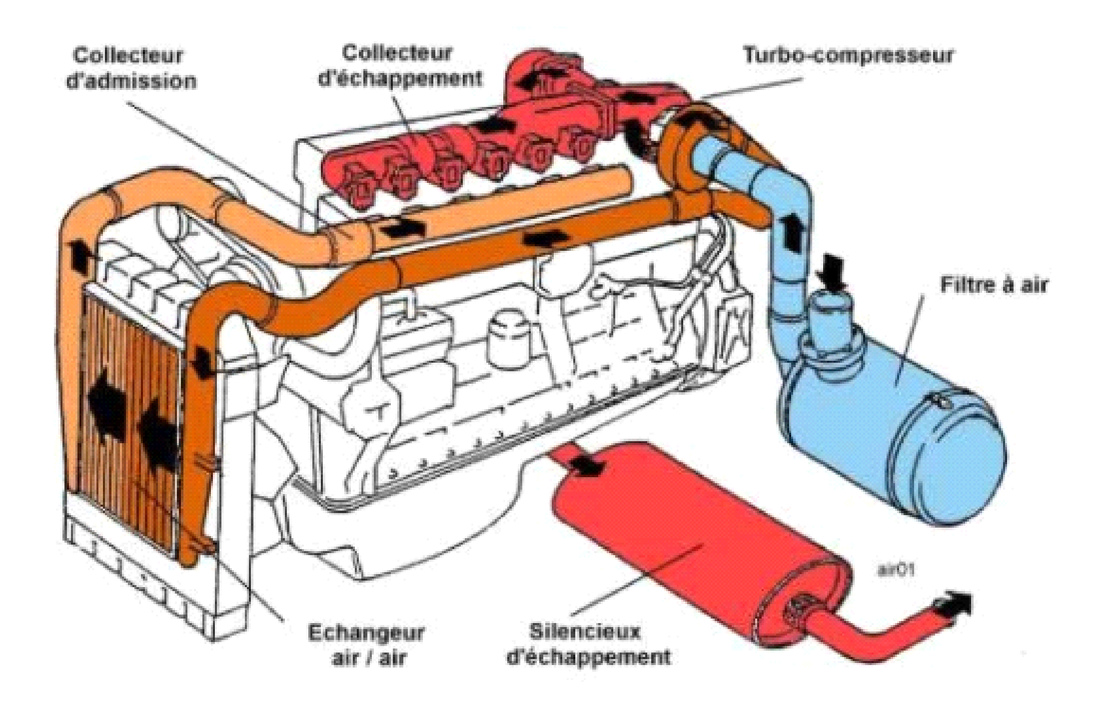
- D'abaisser le niveau thermique du moteur.
- De moins solliciter les organes mécaniques.
- De diminuer la consommation spécifique.
- De réduire le taux d'oxyde d'azote à l'échappement.




*c) DESCRIPTION DE L'ECHANGEUR FRONTAL*

Un radiateur d'air disposé devant le radiateur de liquide de refroidissement du véhicule

Des conduits d'air reliant Le filtre à air au turbo compresseur, le turbo à l'embase du radiateur d'air, le radiateur d'air au collecteur d'admission.



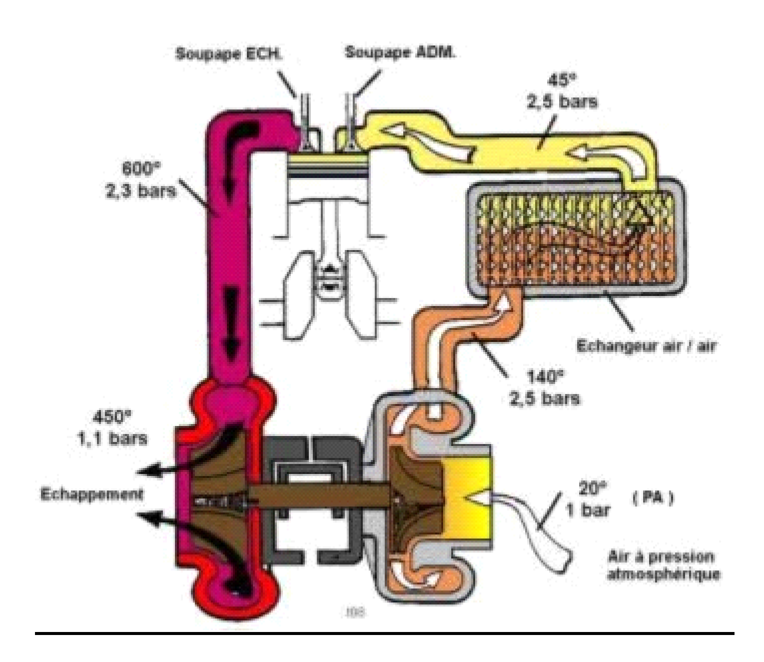
*d) PRINCIPE DE FONCTIONNEMT*

L'air extérieur traverse le filtre à air et rejoint le turbo compresseur qui le met en pression dans les conduits.

Cette mise sous pression s'accompagne d'une élévation importante de température.

A la sortie du turbo compresseur, l'air chaud sous pression est donc dirigé vers le radiateur d'air où il est refroidi.

A la sortie du radiateur, il rejoint le collecteur d'admission avant d'être introduit dans la chambre de combustion par l'intermédiaire de la ou des soupape(s) d'admission.




# LE GRAISSAGE (La lubrification)

## I- ROLES DE L'HUILE DE GRAISSAGE

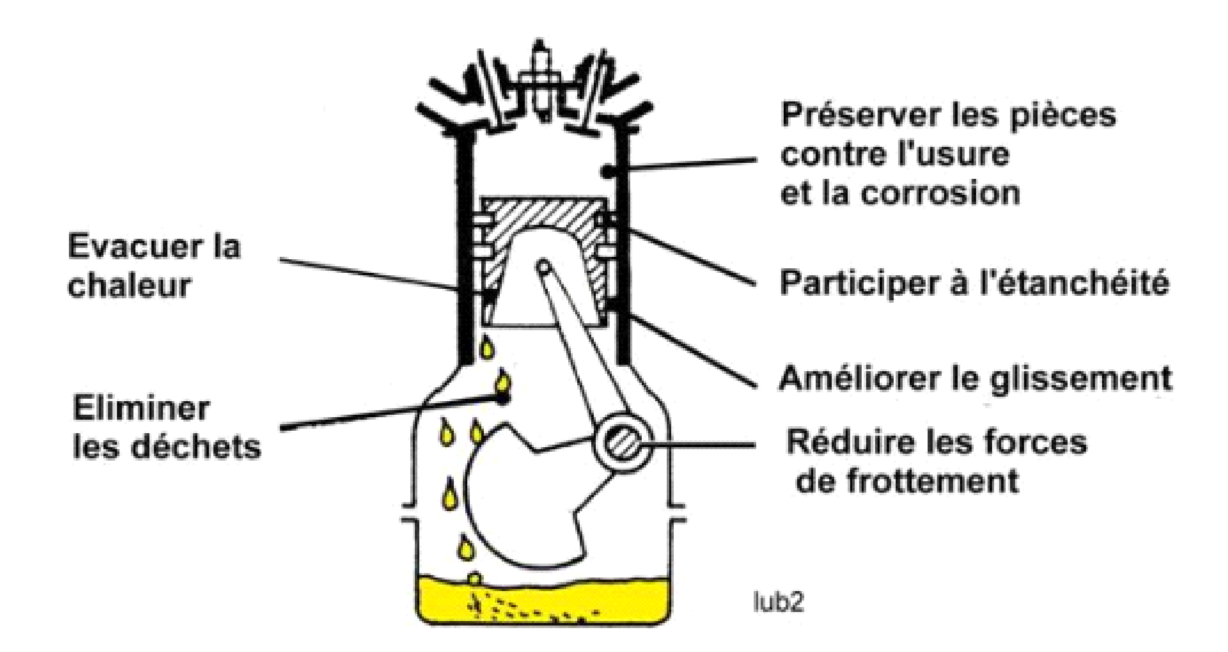
L'huile agit comme lubrifiant; le film d'huile qui s'entrepose entre deux pièces en mouvement réduit le frottement, l'usure, évite l'oxydation et le grippage.

Un manque accidentel d'huile de graissage entraîne très rapidement la destruction du moteur.

L'huile améliore l'étanchéité; la fine pellicule d'huile qui recouvre le cylindre joue le rôle de joint entre les segments et le cylindre. Les fuites de gaz s'en trouvent réduites et la compression améliorée.

L'huile contribue au refroidissement des organes internes en arrosant la face interne des pistons: elle se charge de calories avant de retomber dans le carter.

L'huile détergente maintient la propreté du moteur en évitant la formation de dépôts charbonneux (calamine). Les huiles dites détergentes s'oxydent lentement et protègent de la corrosion les organes internes du moteur.



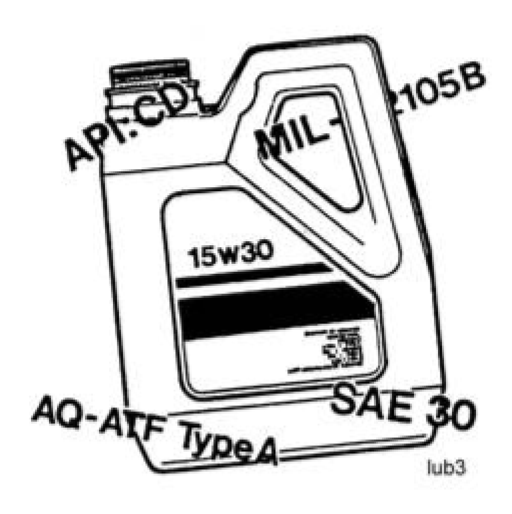

## II - QUALITES DES LUBRIFIANTS ACTUELS

Les lubrifiants actuels doivent répondre aux nouvelles exigences des moteurs suralimentés:

Très haut rendement,

Economie de carburant,

Augmentation de la fiabilité et de la longévité.



*a) ORGANISATION DES ORGANES DE GRAISSAGE*

Les organes de graissage comprennent

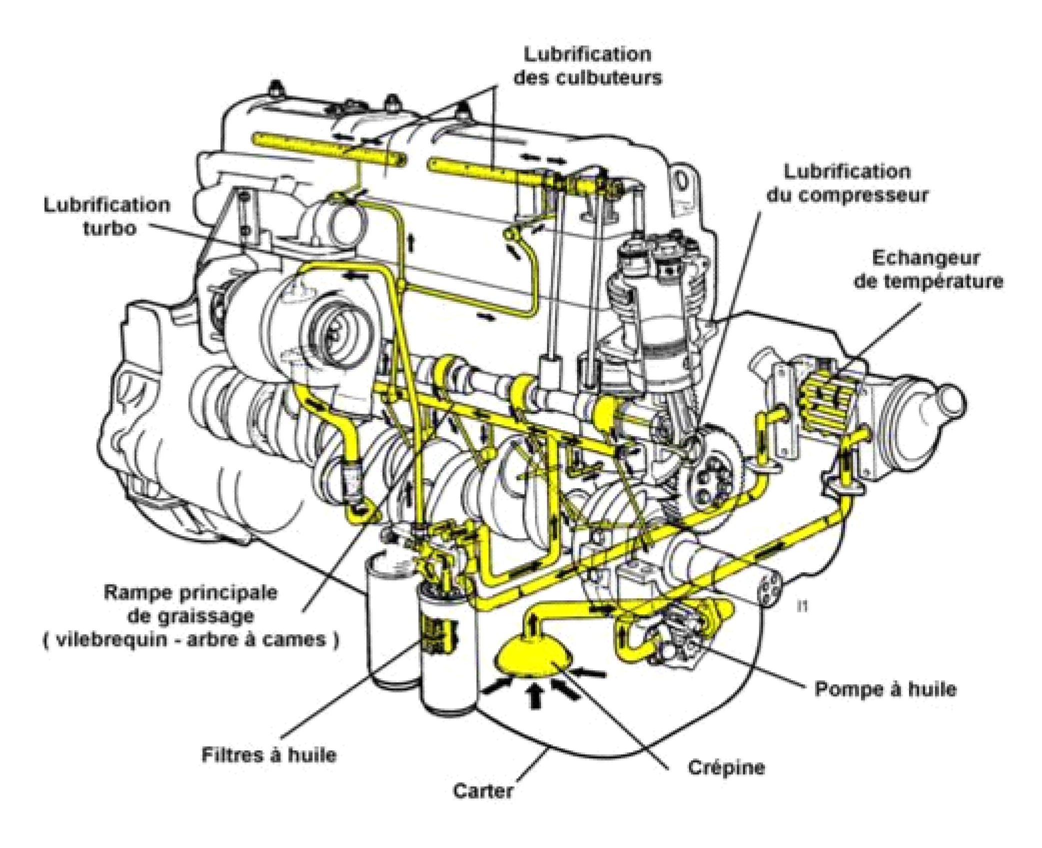
Un réservoir d'huile (carter).

Une pompe à huile.

Les canalisations.

Les filtres.

Un refroidisseur (échangeur de température).




*b) LUBRIFICATION DU MOTEUR*

Elle porte sur 5 points clés

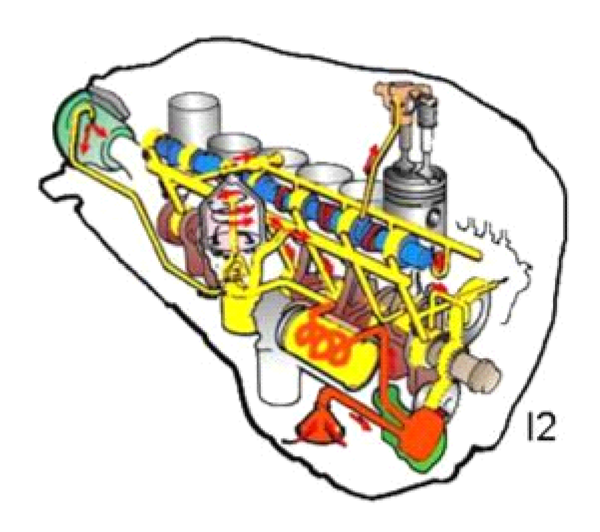
Les segments,

Les couronnes des pistons,

Les chemises,

La ligne d'arbres,

Les cames et poussoirs.




# ABSENCE OU INSUFFISANCE DE GRAISSAGE.

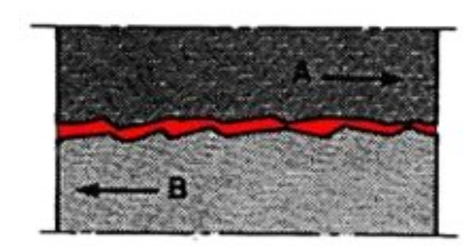
# L'ECHANGEUR DE THERMIQUE

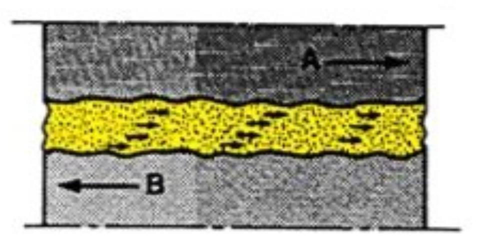
## I - ABSENCE OU INSUFFISANCE DE GRAISSAGE :

*a) CONSEQUENCES AU NIVEAU DU MOTEUR*

Une absence ou une insuffisance de graissage peut provoquer :

- Un frottement plus important.
- Une usure prématurée.
- Un grippage des surfaces en contact.
- Un arrachement du métal.
- La corrosion du métal.
- Un échauffement anormal très important.
- Une perte d'étanchéité.
- Une consommation plus importante de carburant.




L'absence ou l'insuffisance de graissage peut entraîner :

Au niveau de la ligne d'arbre :

La corrosion des coussinets.

Une usure prématurée des manetons, tourillons, paliers et coussinets de vilebrequin du fait de l'absence du film d'huile et de la mise en contact des pièces en mouvement.

Un grippage au niveau du cylindre ou du vilebrequin occasionnant des détériorations très importantes.

Une perte d'étanchéité entre segments et cylindre d'où perte de compression et de puissance du moteur.

Au niveau de la distribution :

Une usure prématurée des poussoirs, cames et d'arbre à cames.

Un dérèglement du moteur et une mauvaise combustion avec toutes ses conséquences.

Une perte de rendement du moteur.

### *b) REMEDES*

Vérifier le niveau d'huile avant chaque départ et respecter la périodicité des opérations de vidange préconisée par le constructeur ou l'entreprise selon les conditions d'utilisation du moteur.

En circulation, contrôler la pression d'huile à l'aide du voyant (ou manomètre) placé sur le tableau de bord.

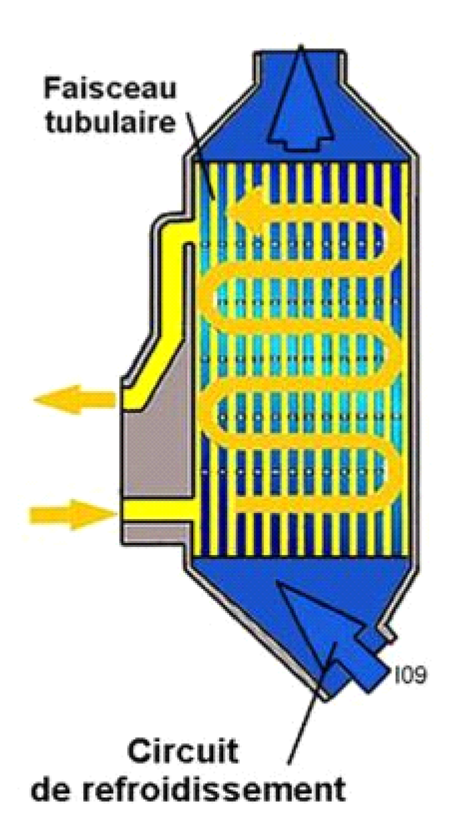
# /I - L'ECHANGEUR THERMIQUE :

## *a) ROLE ET CONSTITUTION*

Il a pour rôle de maintenir sensiblement constante la température de l'huile et l'empêcher de perdre ses qualités lubrifiantes.

Il est constitué par un faisceau de tubes en cuivre placés dans un carter à l'intérieur duquel circule l'eau de refroidissement du moteur.

Au contact de cette canalisation et suivant sa température, l'huile s'échauffe ou se refroidit.



# ***LE REFROIDISSEMENT.***

## I – Rôle :

Eliminer les excédents de calories,

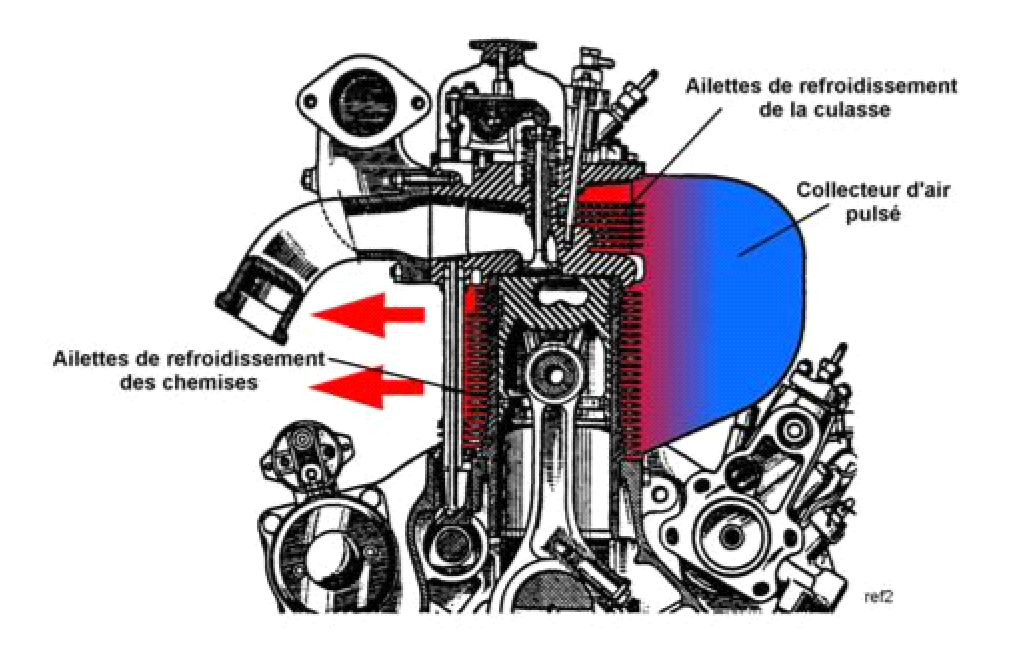
Répartir la chaleur sur tous les organes du moteur en particulier les chambres de combustion afin d'obtenir un bon rendement du moteur,

Permettre à l'huile d'assurer un bon graissage sans l'amener à des températures pouvant altérer gravement ses propriétés.

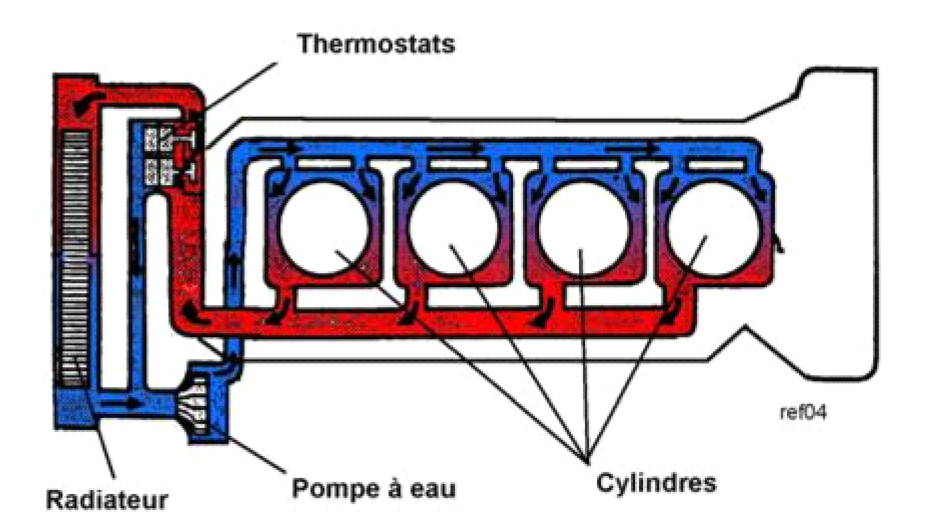
Maintenir la dilatation des pièces à une valeur optima.

## *II - DIFFERENTS TYPES :*

Par circulation d'air forcées cylindres et culasses munis d'ailettes de refroidissement et turbine forçant le passage de l'air sur les ailettes,




Par circulation de liquide passage de liquide dans les culasses et autour des cylindres.



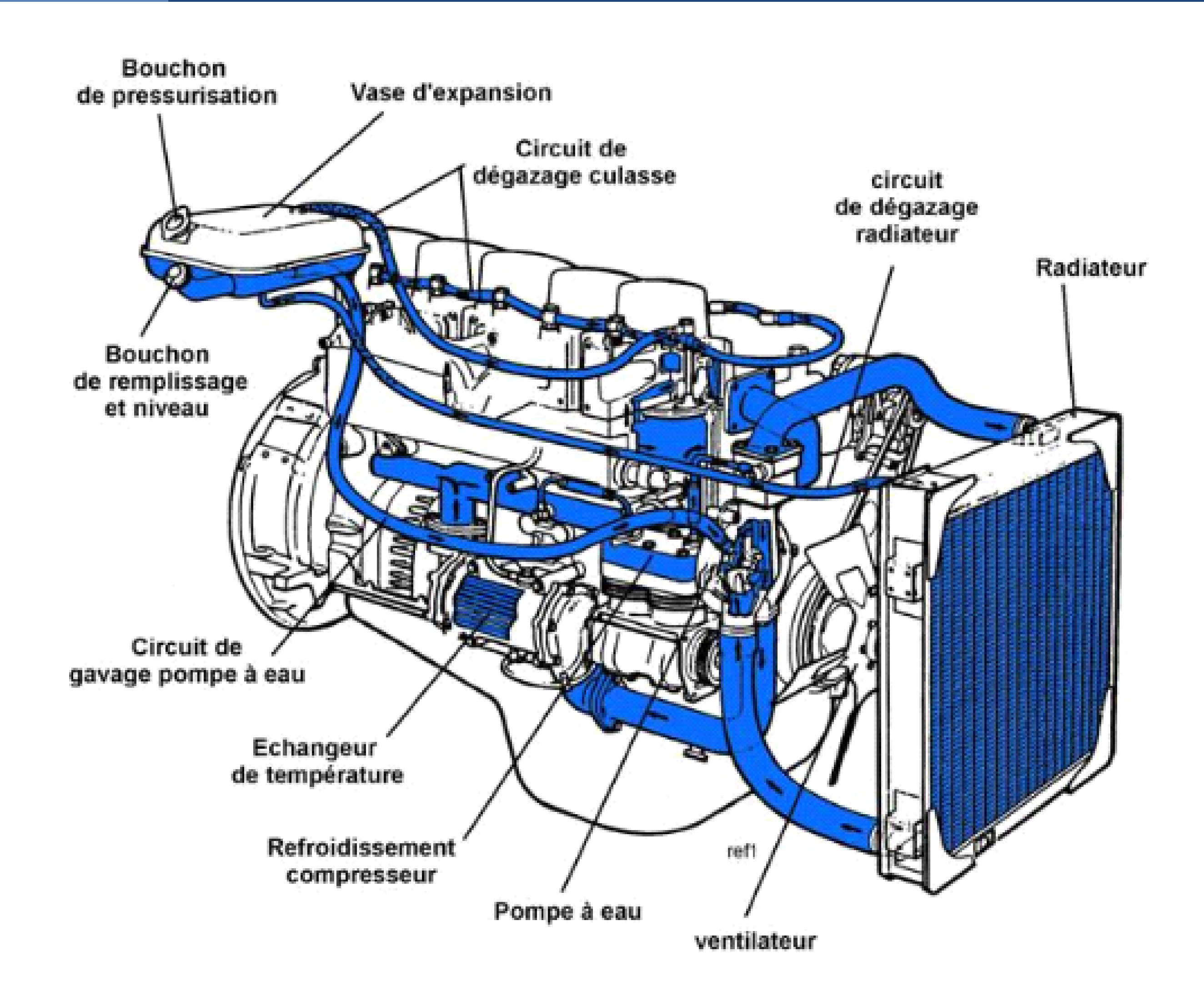

## *III - DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT DU CIRCUIT DE REFROIDISS PAR LIQUIDE :*

*a) Description :*

Le système de refroidissement comprend :

- Un radiateur.
- Un ventilateur.
- Une pompe à eau.
- Un thermostat.
- Des durites.
- Un thermomètre.
- Un vase d'expansion.
- Eventuellement, un échangeur de température.

Des conduites à l'intérieur des culasses et du bloc moteur.




b) *Fonctionnement :*

Sur les moteurs anciens, le refroidissement s'effectuant uniquement par thermosiphon, l'eau chaude ayant tendance à s'élever du fait de sa plus faible densité arrivait dans le réseau supérieur du radiateur, se refroidissait à l'intérieur du faisceau et rejoignait le réservoir inférieur. La vitesse d'écoulement était très faible (15 m/s), ce qui nécessitait des réservoirs de grande dimension et une grande quantité d'eau.

Le système actuel fonctionne par thermosiphon accéléré par pompe.

## IV - ANALYSE DES DEFAUTS DANS LE CIRCUIT DE REFROIDISSEMENT

a) *Echauffement important :*

Pompe à eau défectueuse,

Courroie détériorée ou détendue,

Niveau de liquide insuffisant

Thermostat défectueux,

Durite détériorée ou collier de serrage mal serré,

Faisceau du radiateur encrassé extérieurement

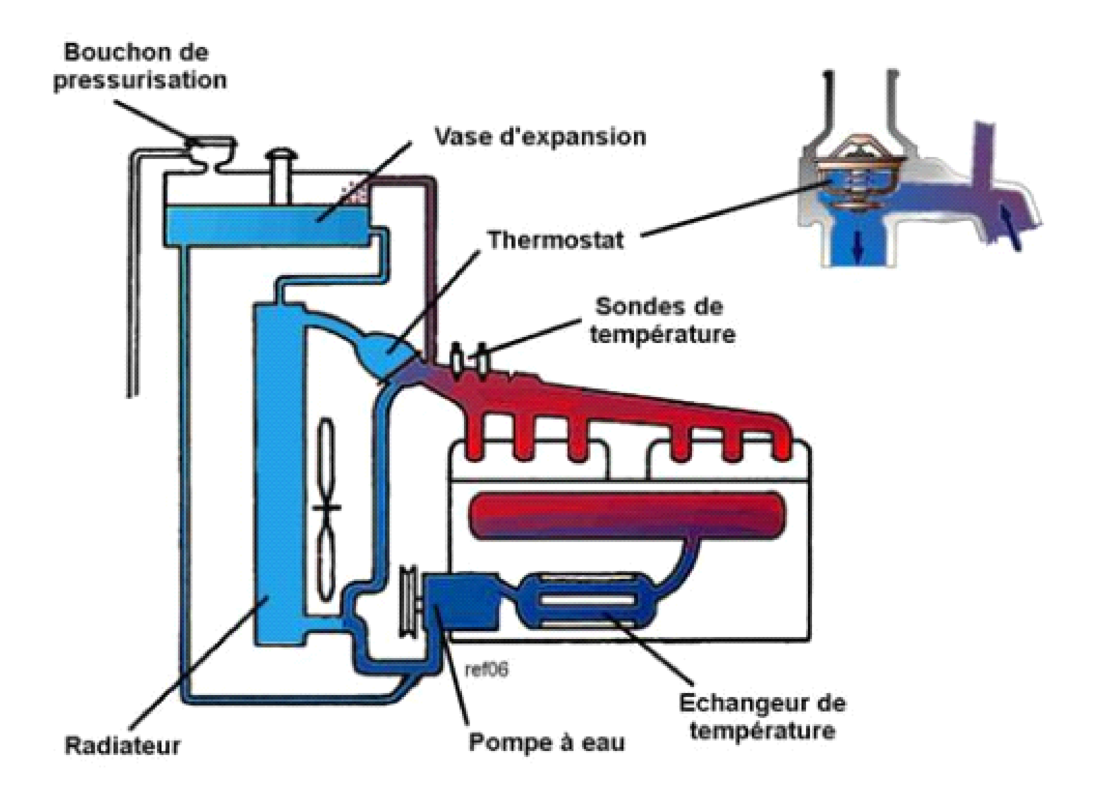
Défectuosité de fonctionnement du ventilateur thermostatique,

Circuit entartré.

*b) Insuffisance de température :*

Thermostat défectueux resté ouvert en permanence ou absent,

Ventilateur débrayable toujours entraîné.



# L'ALIMENTATION EN CARBURANT.

## I - ROLE :

*a) Circuit basse pression :*

Acheminer et filtrer le combustible entre le réservoir et la pompe d'injection.

*b) Le circuit d'injection :*

Pulvériser une quantité déterminée de carburant à haute pression à un moment précis dans la chambre de combustion.

## II - ORGANISATION :

*a) Circuit basse pression :*

Un ou deux réservoirs de stockage du combustible.

Un réchauffeur éventuellement évitant le figeage du gas-oil à basse température.

Un préfiltre servant à retenir les plus grosses impuretés et les gouttes d'eau.

Une pompe d'alimentation dont le rôle est d'aspirer le gas-oil jusqu'au réservoir et de le refouler vers la pompe d'injection.

Un ou deux filtres principaux servant à retenir les très fines impuretés (de l'ordre du micron) susceptibles de détériorer la pompe d'injection ou les injecteurs.

Des tubulures d'aspiration et de refoulement assurant la liaison entre le réservoir et la pompe d'alimentation pour les tubulures d'aspiration, et entre la pompe d'alimentation et la pompe d'injection pour les tubulures de refoulement.

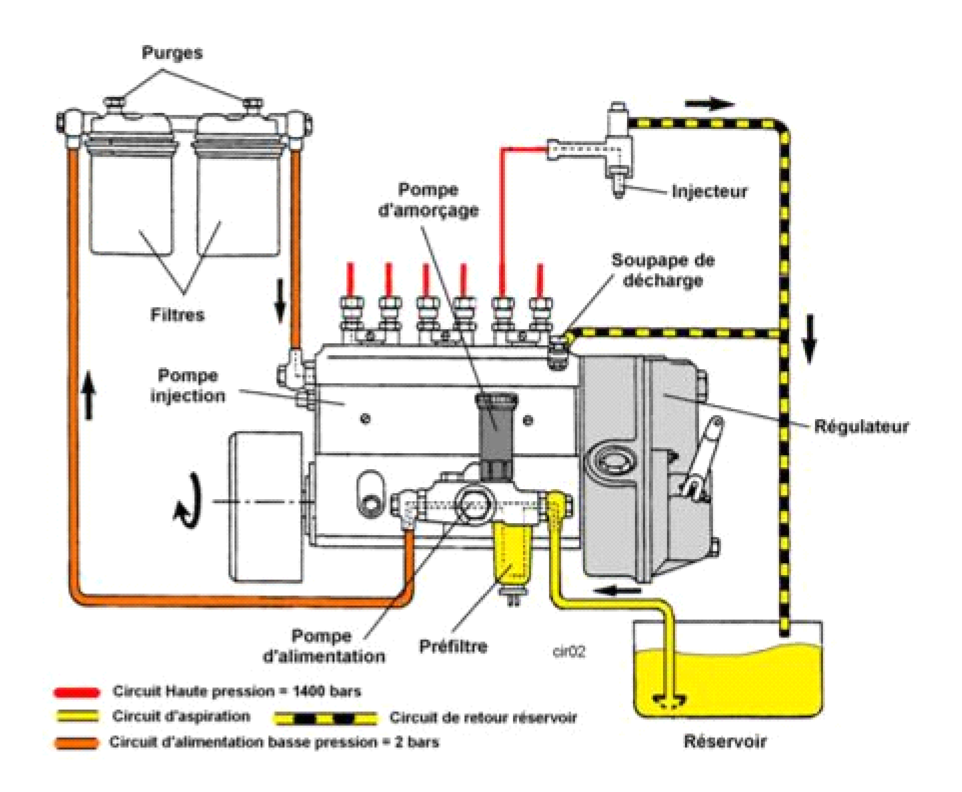
*b) Circuit d'injection :*

Une pompe d'injection servant à distribuer sous pression au moment opportun le combustible aux injecteurs. La quantité est fonction de la position de la pédale d'accélération.

Des tuyauteries d'alimentation des injecteurs très résistantes reliant la pompe à injection aux injecteurs.

Des injecteurs qui pulvérisent et dirigent le combustible dans la chambre ou préchambre de combustion.

Un circuit de retour du combustible au réservoir en cas d'excédent.




## ***III - FONCTIONNEMENT***

*a) Circuit basse pression :*

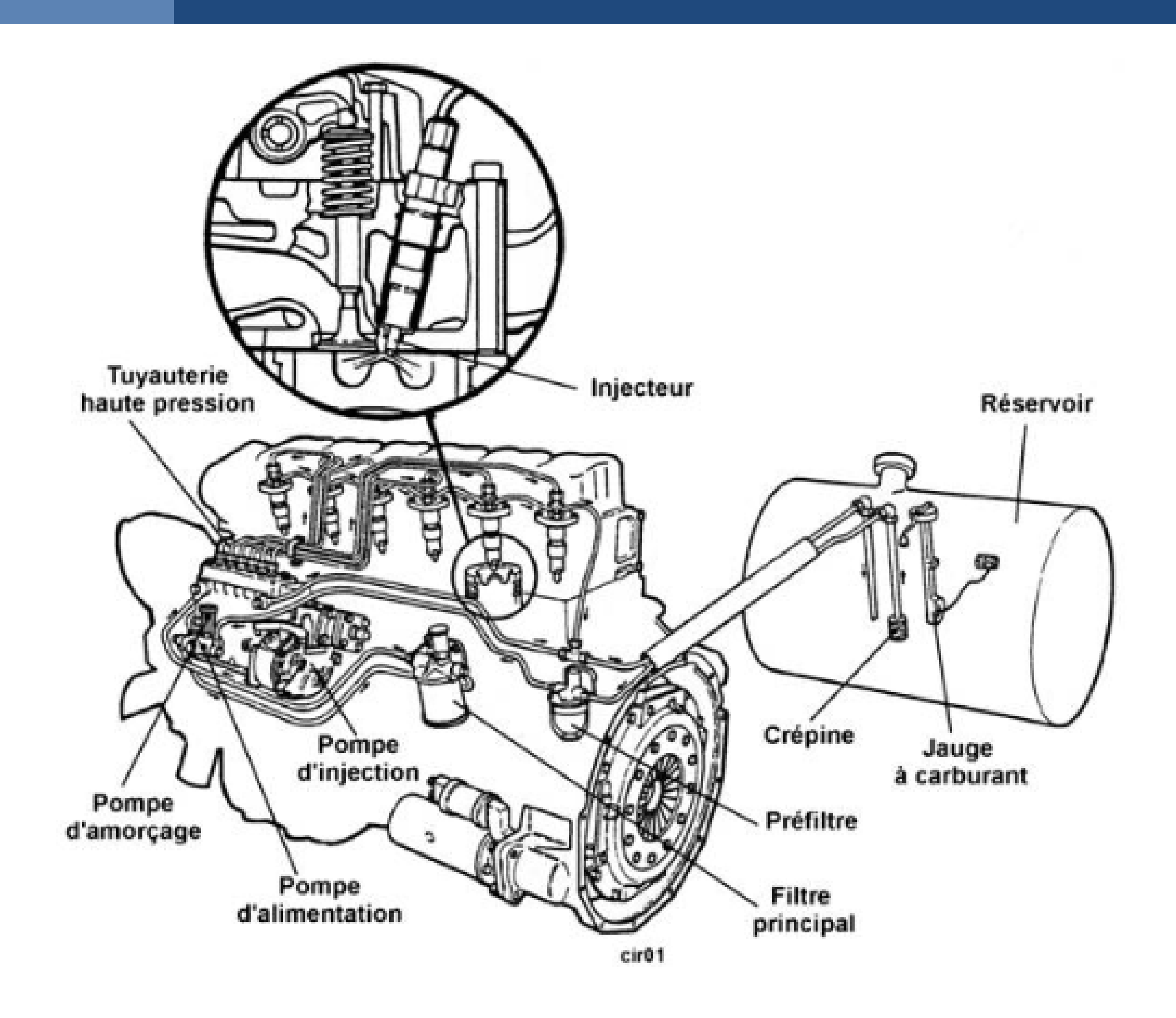
Le combustible contenu dans réservoir est aspiré par la pompe d'alimentation, passe à l'intérieur d'un préfiltre et arrive à la pompe d'alimentation qui le refoule ensuite vers le filtre principal et la pompe d'injection.

*b) Circuit d'injection :*

La montée en pression et le débit du combustible à l'intérieur de la pompe d'injection sont obtenus par un mouvement de va-et-vient du piston provoqué par une came de commande.

La variation de quantité de gas-oil distribuée aux injecteurs est obtenue par un mouvement de rotation d'un piston comportant une rampe hélicoïdale. Cette rotation est provoquée par une crémaillère entraînant la couronne dentée. La crémaillère est reliée à la commande d'accélération.

Les injecteurs qui reçoivent le combustible débité par la pompe d'injection l'introduisait dans la chambre de combustion ou de précombustion en le Pulvérisant et en dirigeant le jet de manière à ce que la combustion soit la plus favorable et la plus complète possible.




## *LESDEFAUTS D'ALIMENTATION.*

## *LE REAMORCAGE.*

## LE FILTRAGE DU COMBUSTIBLE.

### *I - ANALYSE DES DEFAUTS D'ALIMENTATION ET REAMORCAGE :*

Le défaut d'alimentation est souvent imputable au conducteur qui n'a pas fait le plein le combustible suffisamment tôt ce qui provoque une entrée d'air dans le circuit et son désamorçage.

Il peut également provenir d'une fuite importante au niveau du réservoir, du préfiltre, du filtre principal, d'un raccord ou tuyauterie ou d'une défectuosité de la pompe d'alimentation.

En ce qui concerne le circuit haute pression, il peut y avoir une défectuosité au niveau de la pompe, des injecteurs et une fuite au niveau des raccords ou tuyauteries d'injecteurs.

Il peut également y avoir une fuite dans le circuit de retour, en particulier au niveau les tuyauteries flexibles ou des raccords.

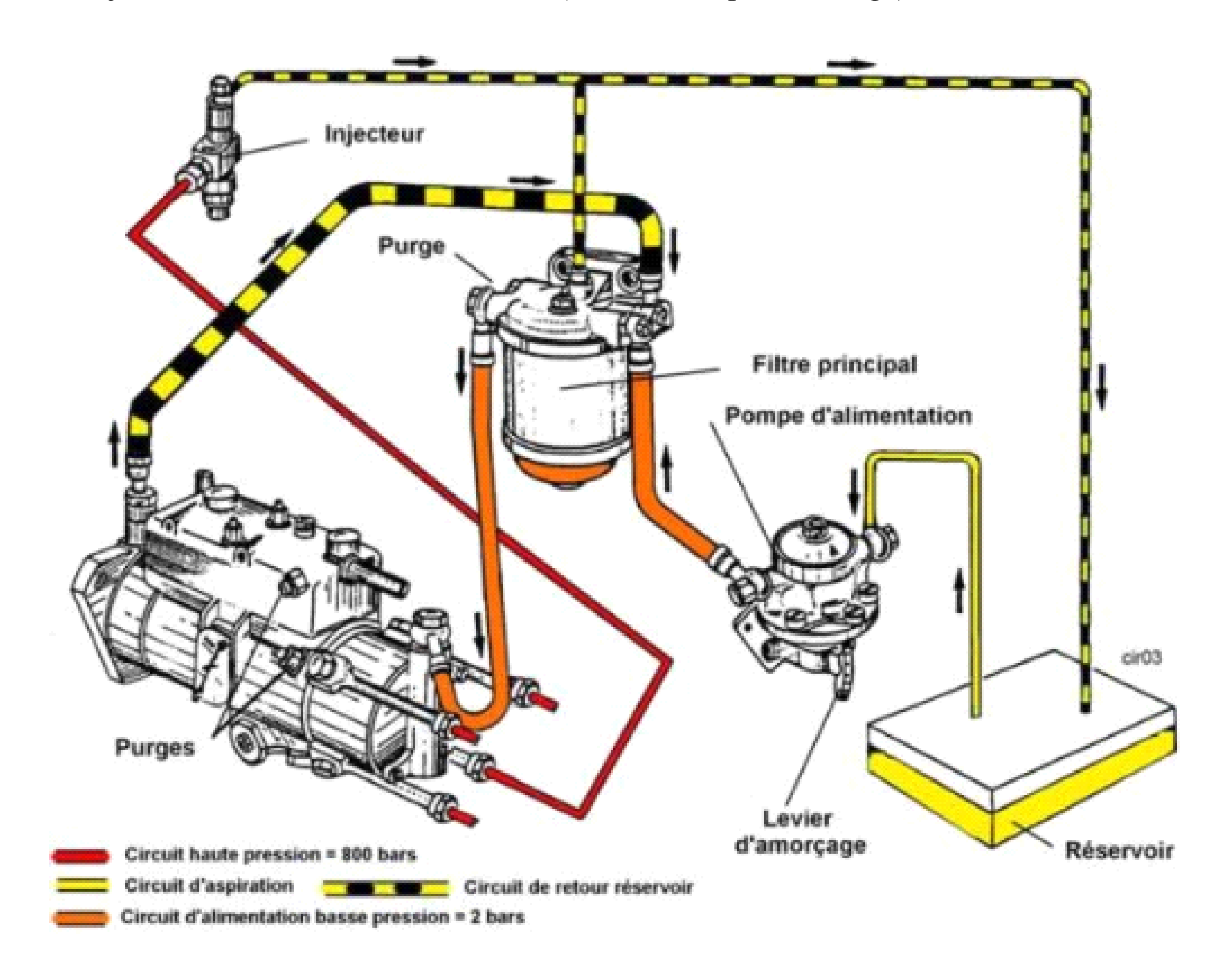
## ***II - REAMORCAGE DU CIRCUIT BASSE PRESSION***

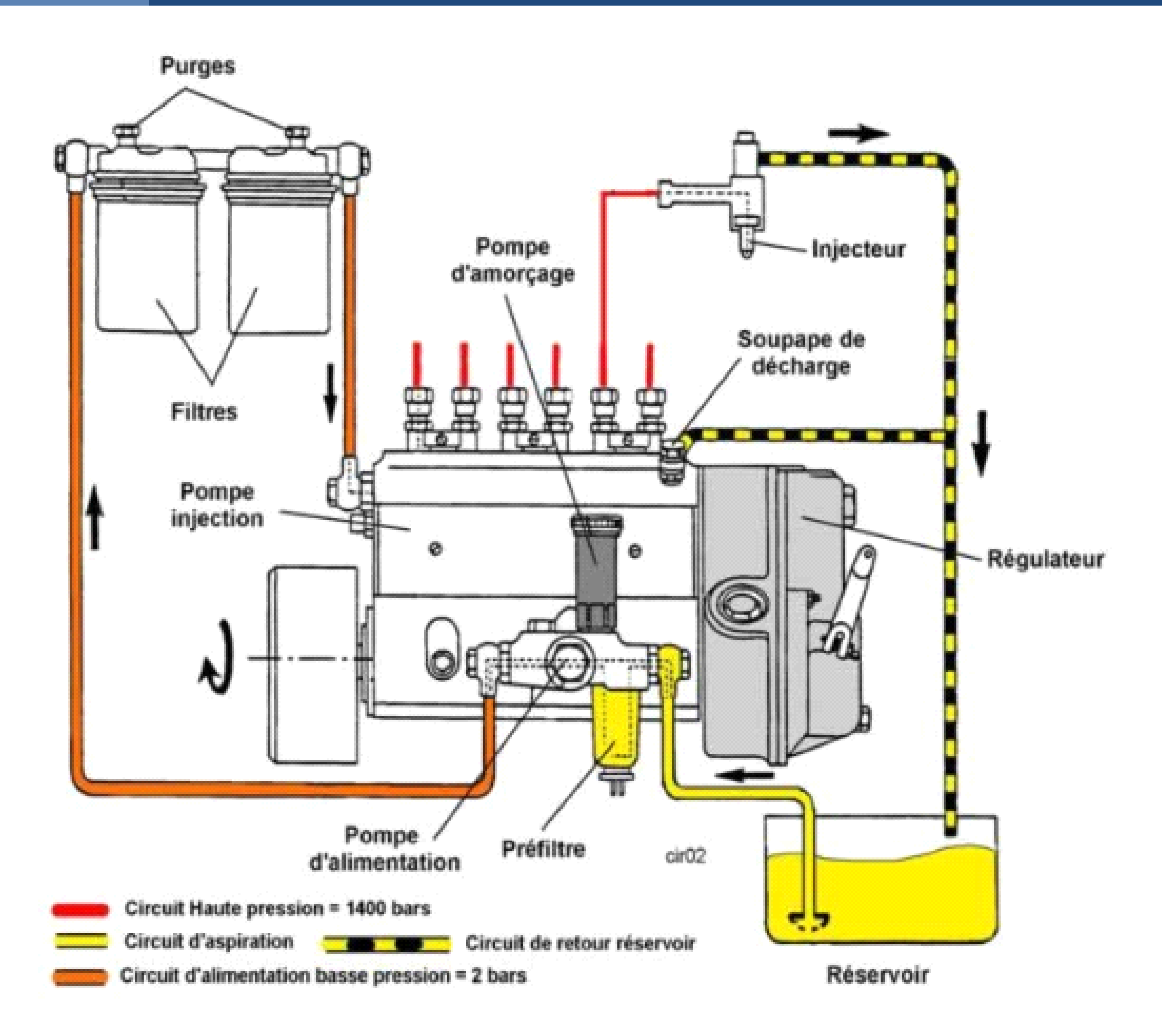
Vérifier le niveau du carburant à l'intérieur du réservoir.

Dévisser la commande de la pompe d'amorçage et la vis de purge se trouvant sur le ou les filtres jusqu'à ce que le carburant sorte normalement du purgeur (sans bulle d'air).

Faire de même avec le purgeur se trouvant sur la pompe à injection.

Eventuellement, purger le circuit haute pression en desserrant légèrement le raccord d'arrivée à l'injecteur, en actionnant le démarreur (accélérateur pleine charge).






## *III - LE FILTRAGE DU COMBUSTIBLE*

*a) BUT*

Eviter l'encrassement du circuit, la détérioration des pistons et cylindres de la pompe d'injection ajustés au micron ainsi que des injecteurs.

Il est réalisé à plusieurs niveaux du circuit d'alimentation

1) au réservoir à l'aide d'une crépine.

2) sur le circuit d'aspiration à l'aide d'un préfiltre.

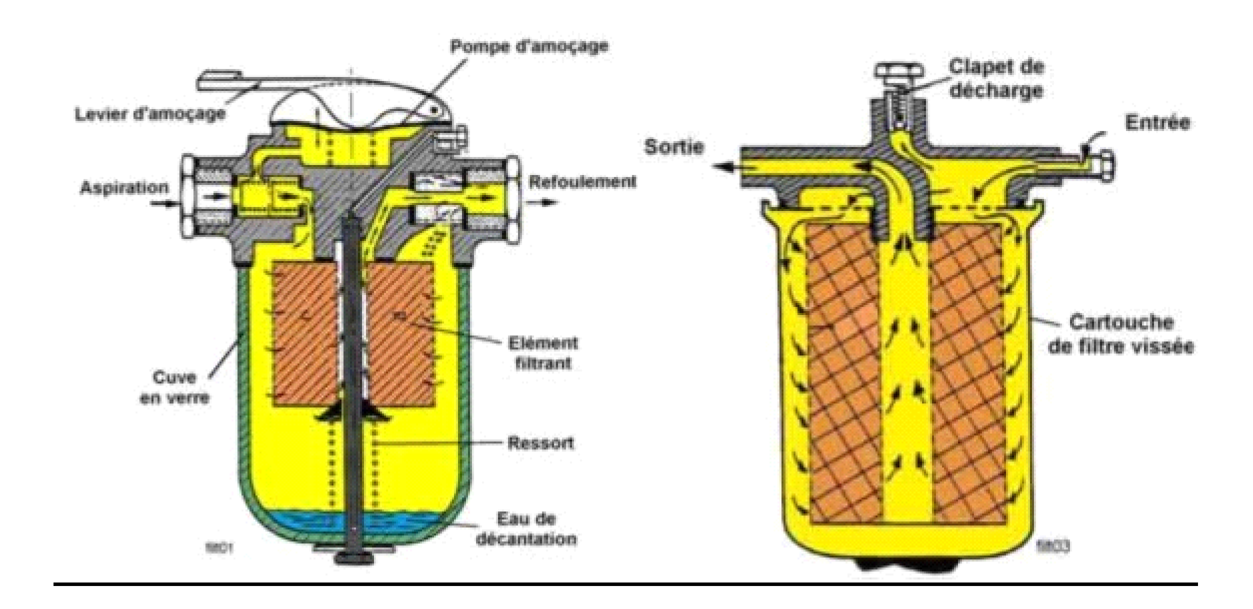
3) sur le circuit de refoulement vers la pompe d'injection à l'aide du filtre principal.

L’hiver par temps froid, il peut se produire un colmatage des filtres à combustible dû à des cristaux de paraffine qui se séparent de la phase liquides

Pour remédier à cet inconvénient, il existe un combustible d'hiver ayant une température d'écoulement différente, (- 15° à - 20°C) au lieu de - 3 à - 7°C pour le combustible utilisé en été. Il existe en outre des réchauffeurs de gas-oil.

Les préfiltres et le ou les filtres doivent être entretenus et l'élément filtrant remplacé selon la périodicité préconisée par le constructeur.

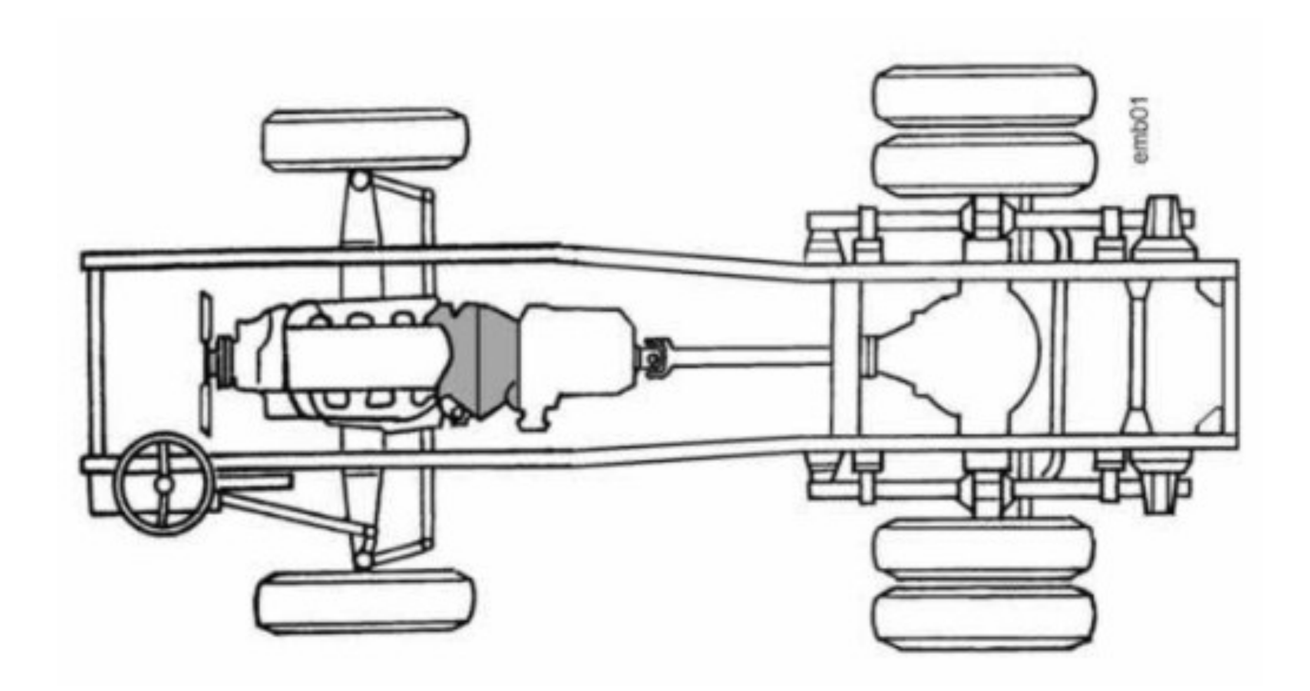
Lors du remontage, bien positionner le joint afin de ne pas provoquer de fuite de combustible ou de prise d'air.



# L'EMBRAYAGE.

## *I – EMPLACEMENT :*

Quelque soit la disposition des organes participant à la transmission, l'embrayage est toujours situé entre le moteur et les autres éléments de la transmission.




## *II – ROLE ET QUALITES :*

*a) Rôle*

Assurer un accouplement progressif entre le moteur et les organes de transmission jusqu'à leur parfaite liaison.

Permettre la désolidarisation entre le moteur et la boîte de vitesses pour faciliter les changements de rapports en limitant les à-coups.

*b) Qualités*

Progressif : L'accouplement entre le moteur et la transmission doit se faire sans à-coups grâce à un léger patinage.

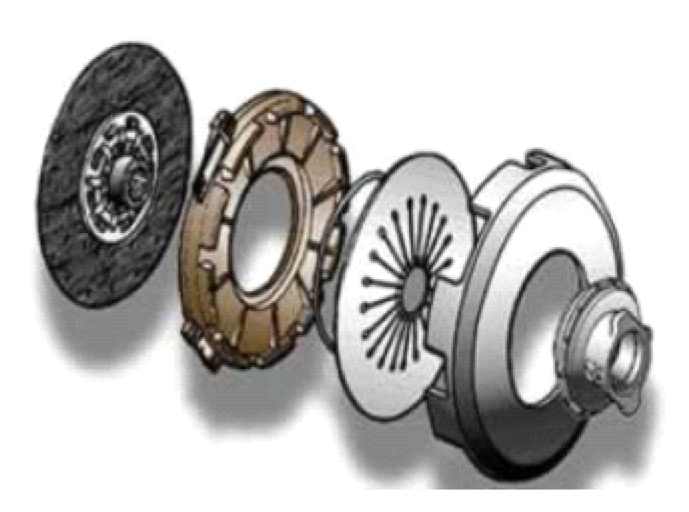
Adhérent : A la position "embrayage", il ne doit plus patiner et transmettre le couple moteur.

De faible inertie : Il doit pouvoir S'arrêter rapidement lorsqu'on débraye

Résistant : Supporter les températures élevées provoquées par le patinage au cours de la phase de démarrage.

Facile à manœuvrer : Ne pas demander un effort exagéré au Conducteurs ; le débrayage doit être total.

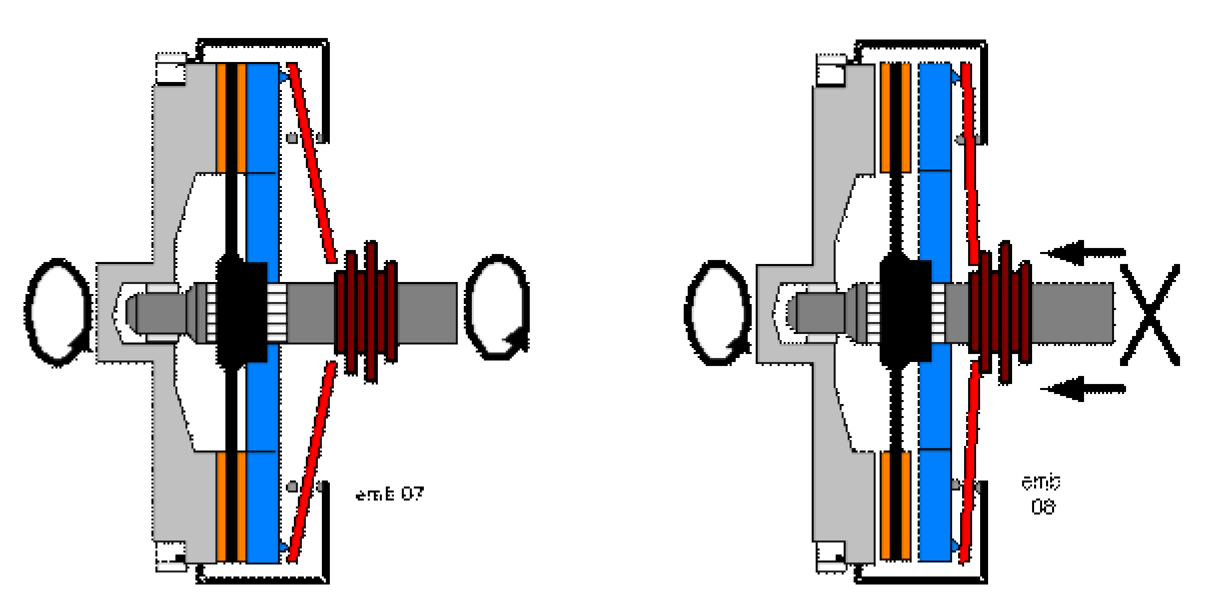
Equilibré : Silencieux.



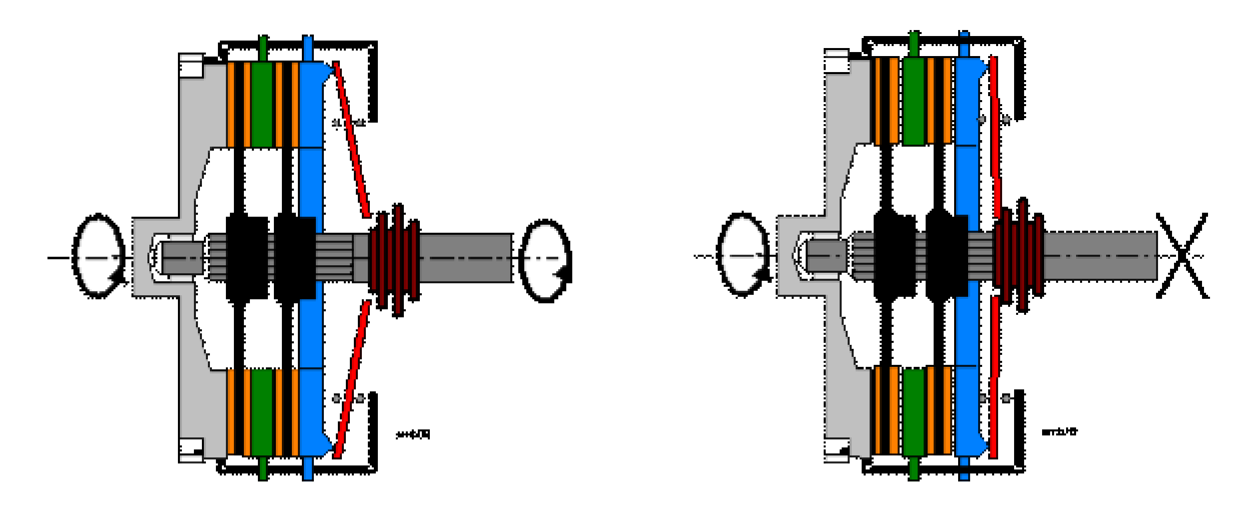
## *III – DIFFERENTS TYPES :*

*a) Les embrayages à friction*

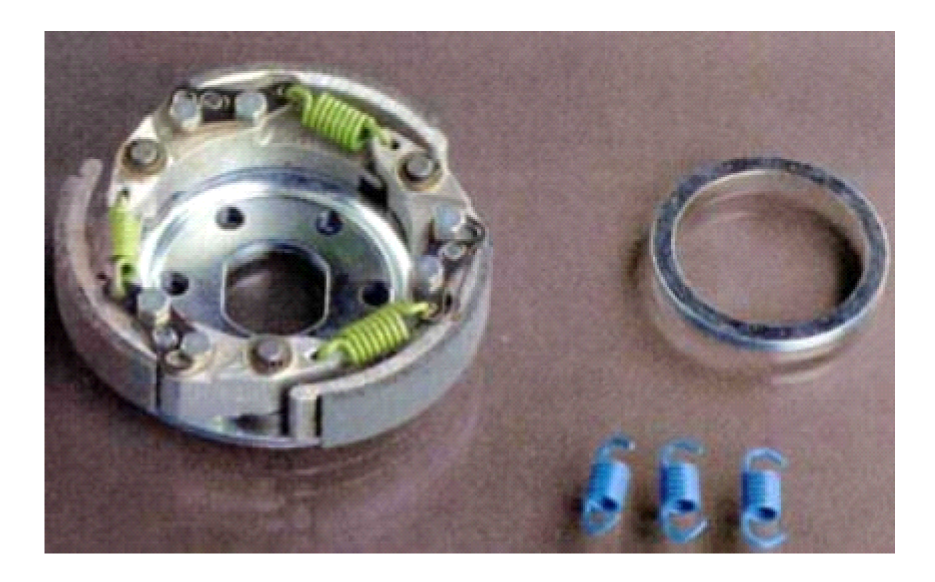
Embrayage monodisque




Embrayage bidisque ou multidisques



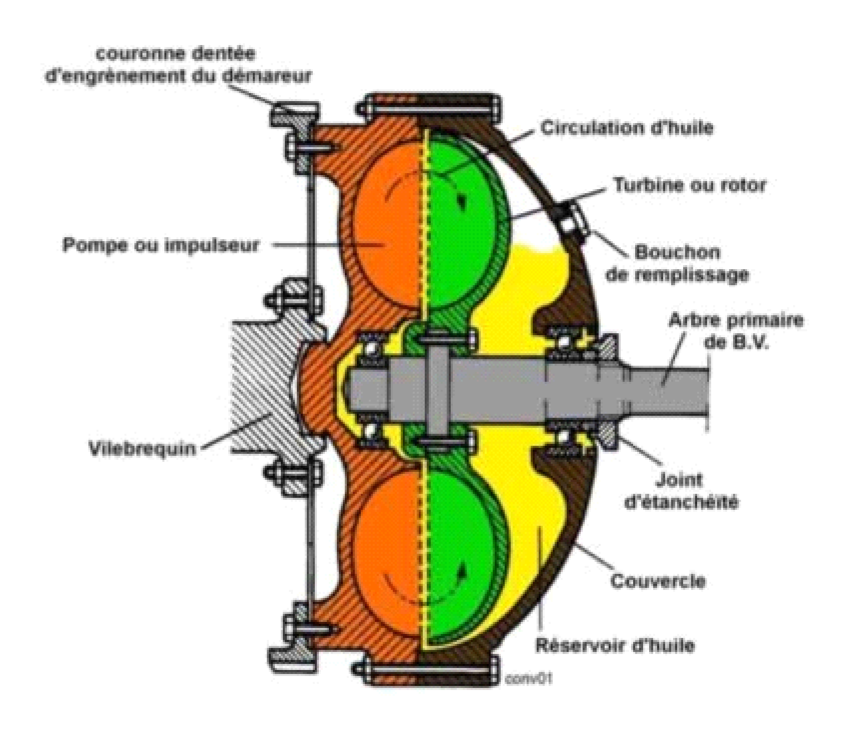
Embrayage centrifuge

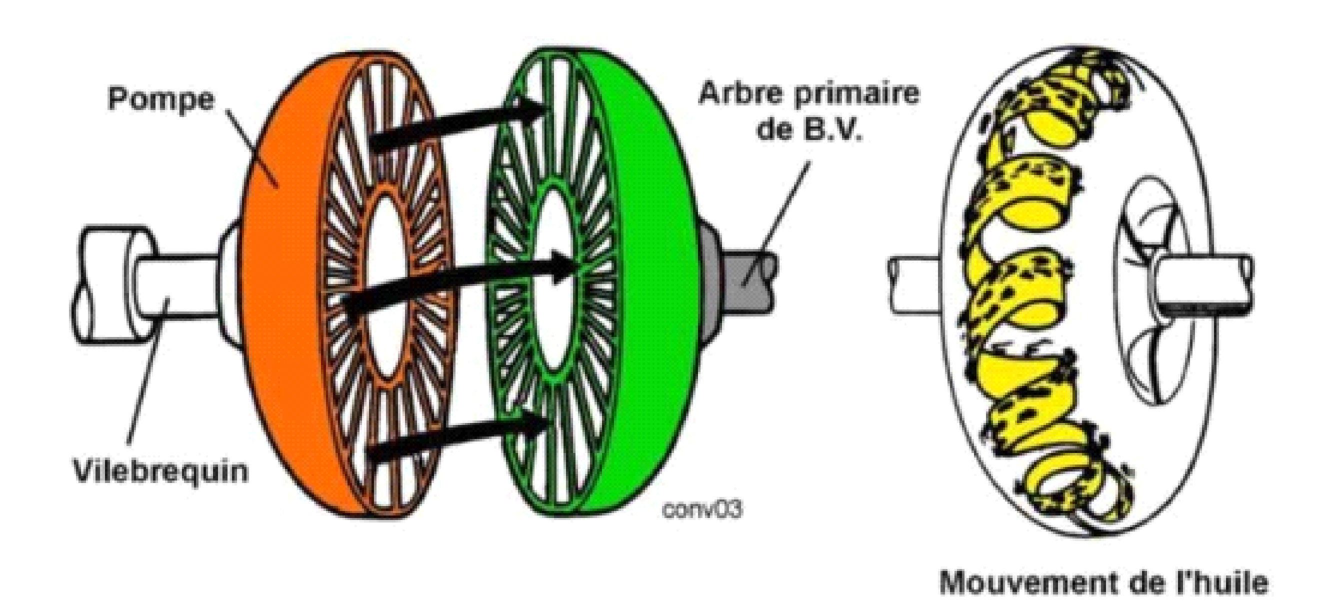


Embrayage automatique (automatisé) :

capteur de vitesse
Valve de protection quadruple
filtre
reservoir 20 L
Valve anti-retour
Electrovannes d'embrayage
Détendeur
Prise de pression
Réservoir 3,8 L
Valve relais simple pilotage
emb auto
+ 24 V
Témoin test
Poignée contactante
Calculateur
Contacteur de stop
+ 24 V
Clé de contact

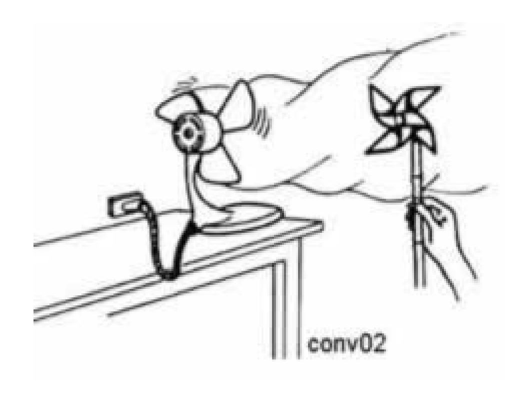
*b) Les embrayages hydrauliques (coupleur hydraulique)*






La pompe, entraînée par le moteur, fait tourner la turbine reliée à la boite de vitesse par l'intermédiaire de projection de l'huile sur cette dernière

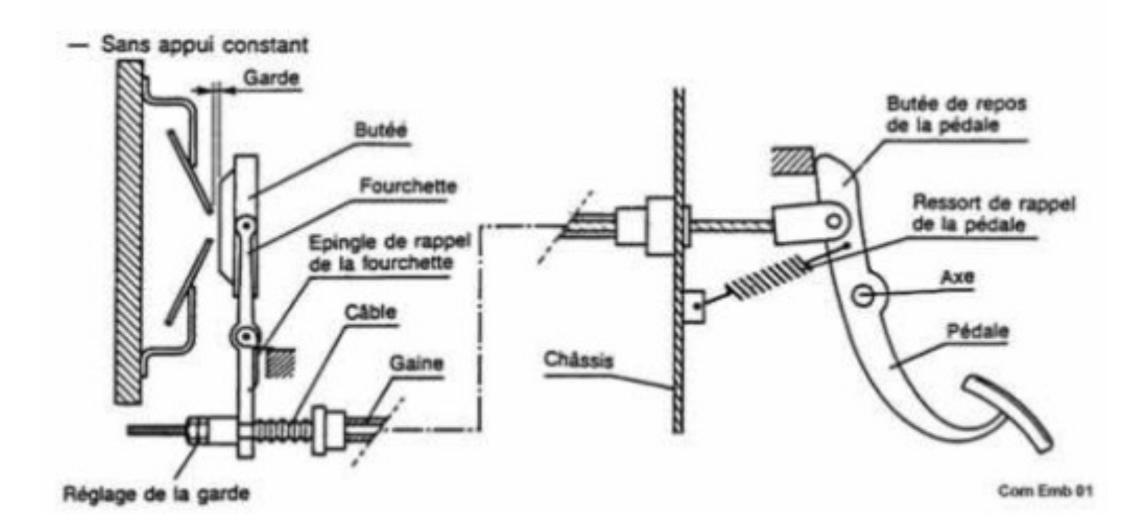
De même qu'un ventilateur entraîne le moulinet par l'intermédiaire du courant d'air produit.



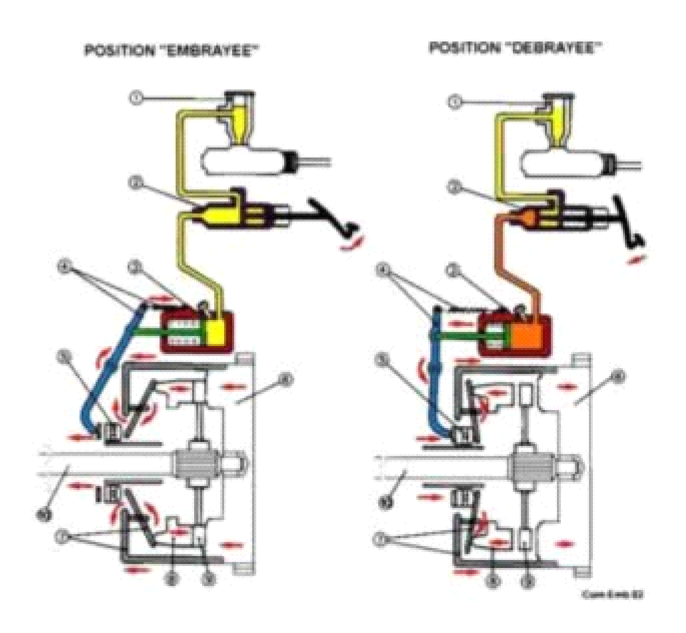

*c) Les embrayages électriques ou électromagnétiques (embrayages classiques à friction dont la commande est électrique).*

***IV - Les systèmes de commande peuvent être :***

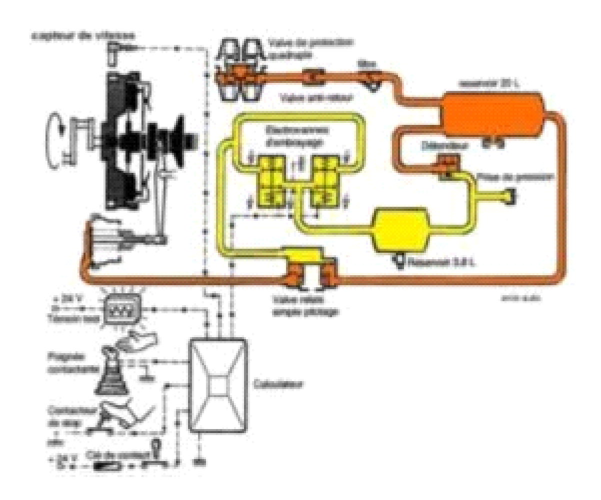
Mécanique (câble - tringlerie)




Hydraulique (émetteur - récepteur)




Électrique ou électronique. (Embrayage automatisé)



*<u>V - CONSTITUTION DE L'EMBRAYAGE A FRICTION</u>*

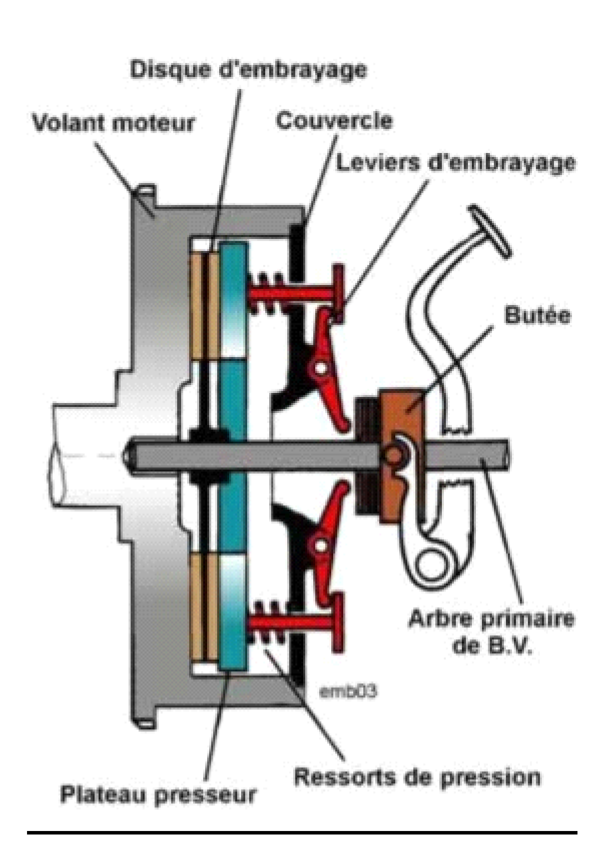
Il se compose de 4 ensembles

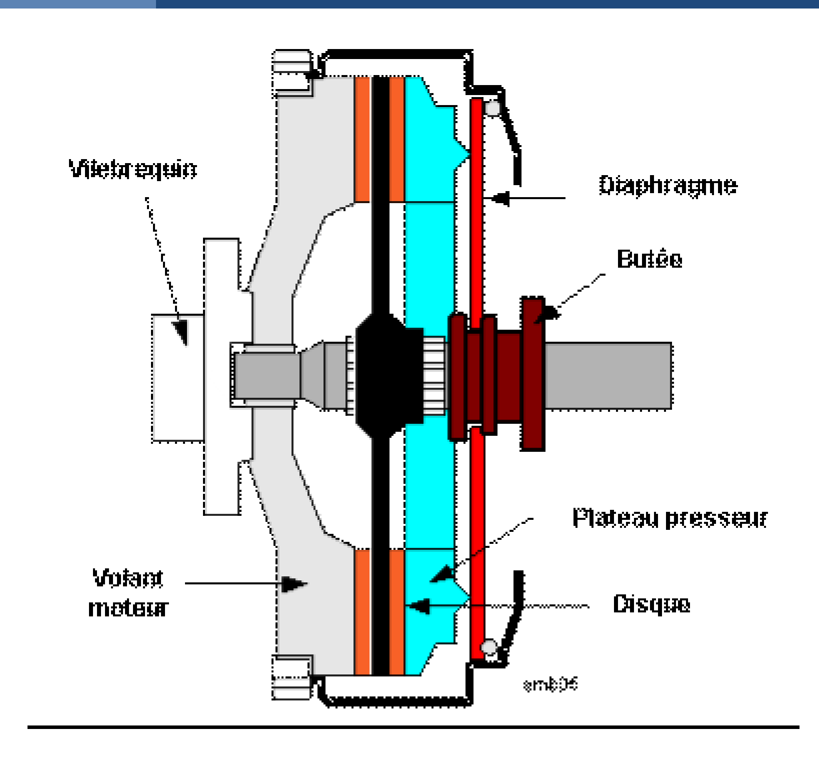
Un ensemble menant : volant moteur, plateau de serrage, couvercle ou cloche d'embrayage.

Un ensemble ressorts : diaphragme ou ressorts de pression.

Un ensemble mené : disque, arbre primaire de boîte de vitesses.

Un ensemble de commandes doigts de commande ou du diaphragme, butée, fourchette.





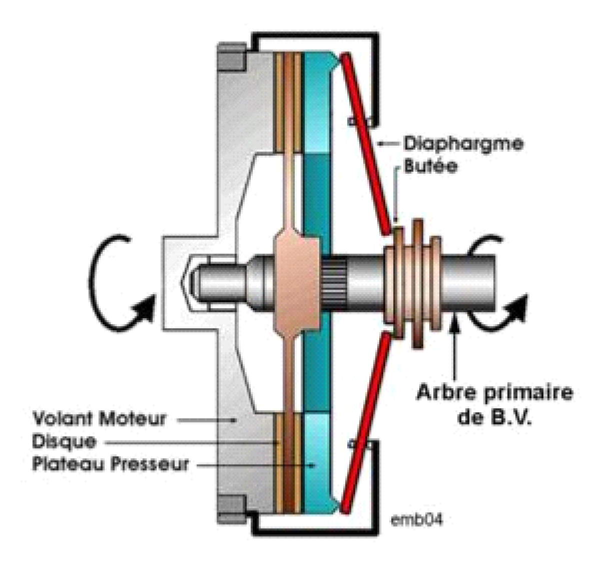

-

# L'EMBRAYAGE CLASSIQUE A FRICTION.

*I – FONCTIONNEMENT :*

*a) Position embrayée*

Le disque, élément lié à la transmission, est fortement comprimé entre le plateau de serrage et le volant moteur, par des ressorts de pression.




Le couple transmis dépend :

- De l'adhérence (L'adhérence doit être égale ou supérieure au couple moteur)

- Du coefficient de frottement f (qualité des matériaux utilisés)(état de surface :du volant moteur, du disque, du plateau de pression.)

- De la pression de contact (nombre de ressorts, force des ressorts.)

- De la surface de contact (diamètre du disque, nombre de disque).

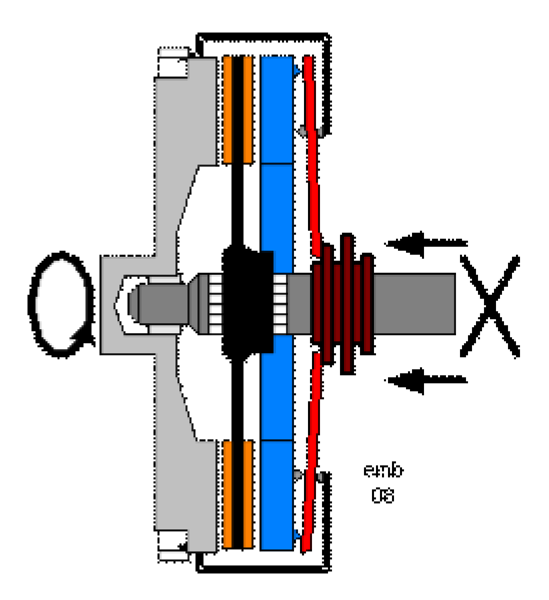
*b) Position débrayée*

Par action sur la pédale d'embrayage :

- La butée se déplace vers la gauche et fait basculer les leviers,

- Les leviers tirent sur le plateau de serrage et s'opposent à l'action des ressorts,

- Le disque est libéré, il y a débrayage.




**Remarque**

Pour que l'opération d'embrayage soit complète, le disque coulisse sur l'arbre primaire de la boîte de vitesses grâce aux cannelures,

L'action de débrayage provoque un effort axial sur Le vilebrequin.

Ex. : prenons un embrayage dont la force de serrage est de 1800 daN et dont le rapport de levier est de 1/3. L'effort axial exercé par la butée sur le vilebrequin est de 1800 / 3 = 600 daN.

Pour cette raison, il est conseillé de ne pas rester débrayé trop longtemps afin de ne pas fatiguer les cales de réglage de jeu latéral du vilebrequin.

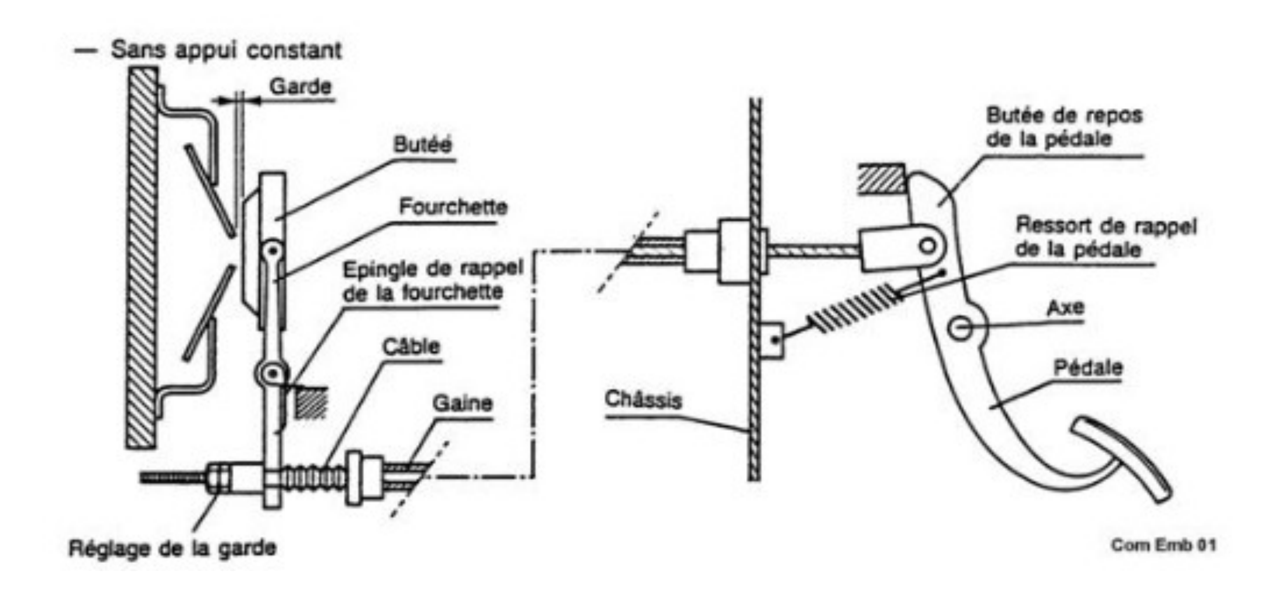
Etant donné les efforts de débrayage à appliquer sur la pédale, il sera nécessaire :

De jouer sur la démultiplication d'effort par des renvois

Ou d'installer une assistance de débrayage.

## *II – DIFFERENTS TYPES DASSISTANCES :*

*Commande à câble :*




Ce type de commande d’embrayage n’est utilisé que sur certaines voitures et petits utilitaires.

Il a tendance à disparaître au profit des commandes hydrauliques pour des raisons de confort du conducteur : moindre effort au débrayage

Désormais, il n’existe plus de réglage de la garde d’embrayage.

- Soit un rattrapage automatique de garde est monté sur le véhicule.

- Soit le système est conçu pour un appui constant de la butée sans garde.

*Commande hydraulique :*

POSITION "EMBRAYEE"

POSITION "DEBRAYEE"

Com Emb 02

1) Réservoir de liquide
2) Cylindre émetteur
3) Cylindre récepteur
4) Fourchette de commande et ressort de rappel
5) Butée à bille
6) Volant moteur
7) Diaphragme et son support
8) Plateau de pression du mécanisme
9) Disque d'embrayage
10) Arbre primaire de B.V.

*Commande à assistance oléopneumatique :*

Commande hydraulique

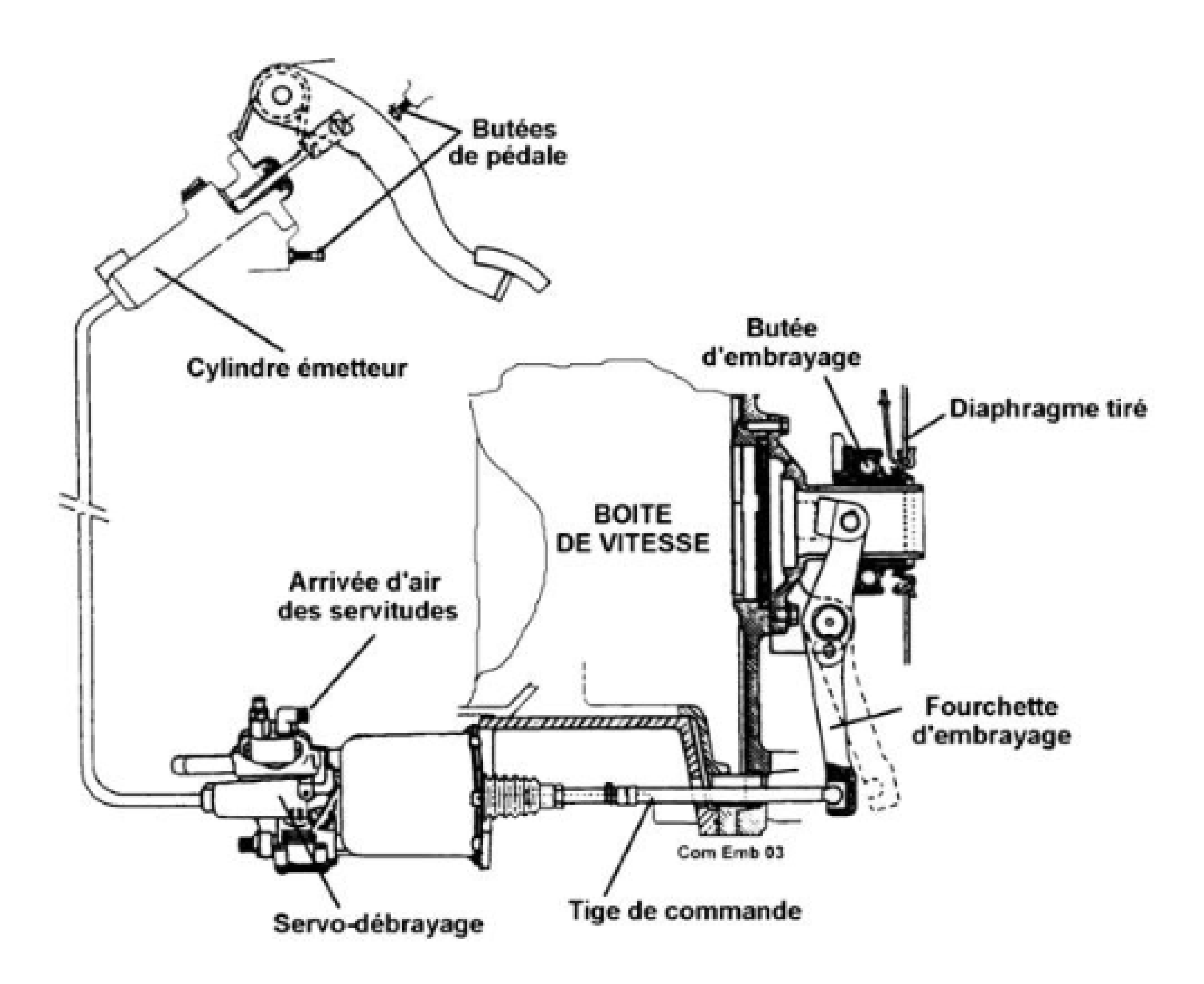
Ce système est à comparer à un système de freinage.

Il comprend :

Un maître cylindre ou émetteur,

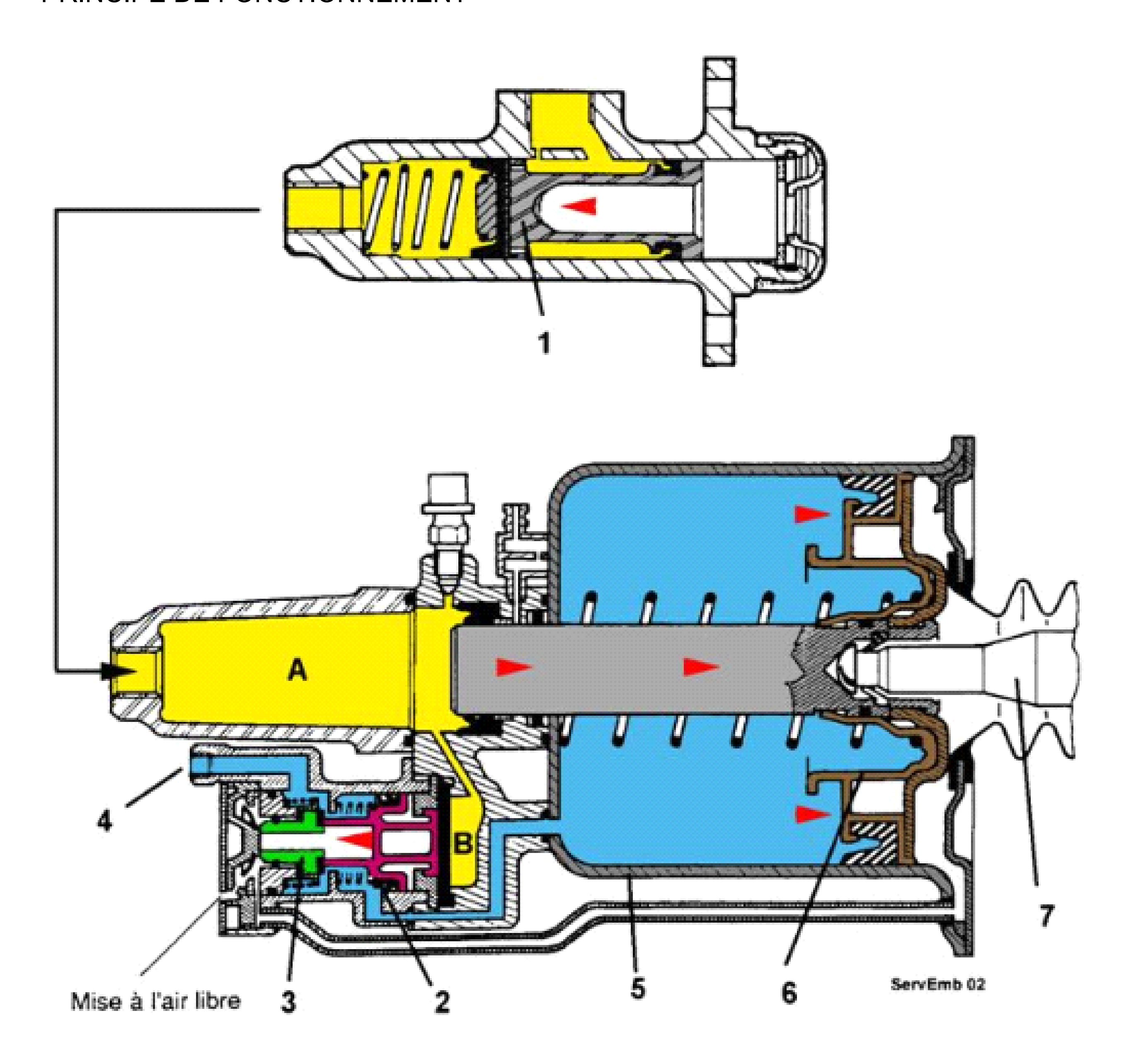
Un cylindre récepteur dont le piston actionne la fourchette.

Un réservoir et une canalisation.




Une butée d'embrayage en appui constant.

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT




Sous l'action du pied du conducteur, le piston (1) du cylindre émetteur pousse l'huile vers la chambre (A) du servo-débrayage.

La Pression d'huile dans la chambre (B), pousse une membrane qui déplace le piston (2).

Celui-ci va obturer la mise à la pression atmosphérique, et permettre en déplaçant le clapet (3), la communication de l'air

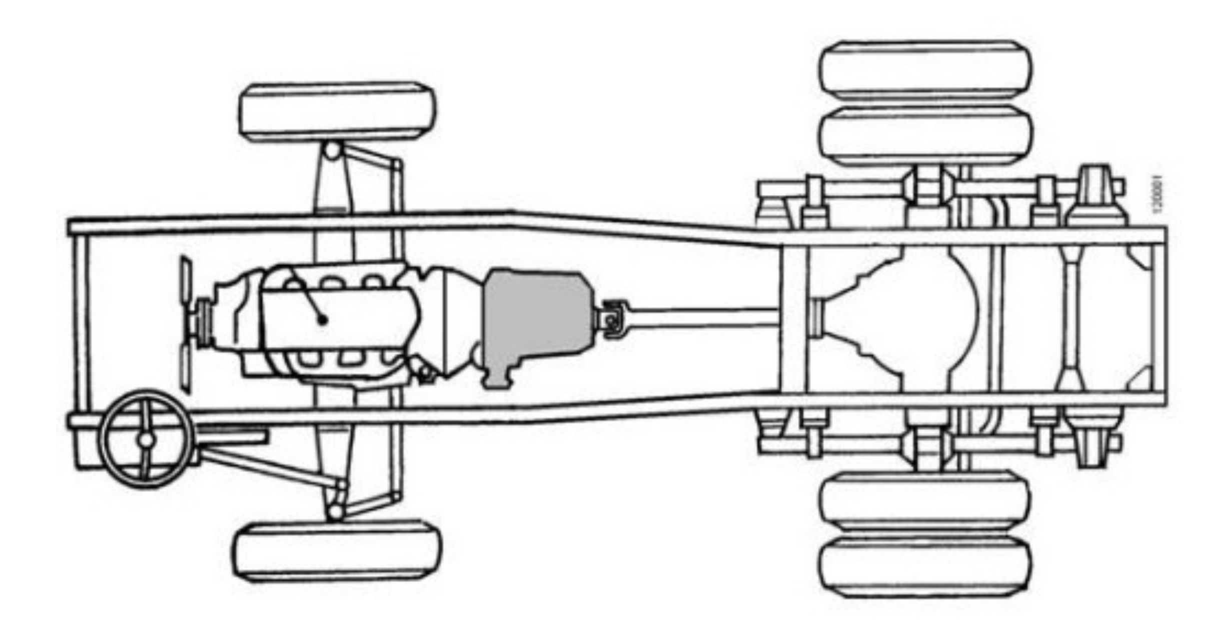
(4) venant des servitudes, afin de pousser sur le piston d'assistance (6) du cylindre (5).

La tige de poussée (7) peut alors commander la fourchette de débrayage sans aucun effort demandé au conducteur.

# LA BOITE DE VITESSES CLASSIQUE.

## *I – Emplacement :*

Entre l'embrayage et le pont.



## *II – ROLE :*

Adapter le couple moteur au couple résistant en utilisant les différents rapports.

Permettre l'inversion du sens de rotation de la transmission (marche arrière)

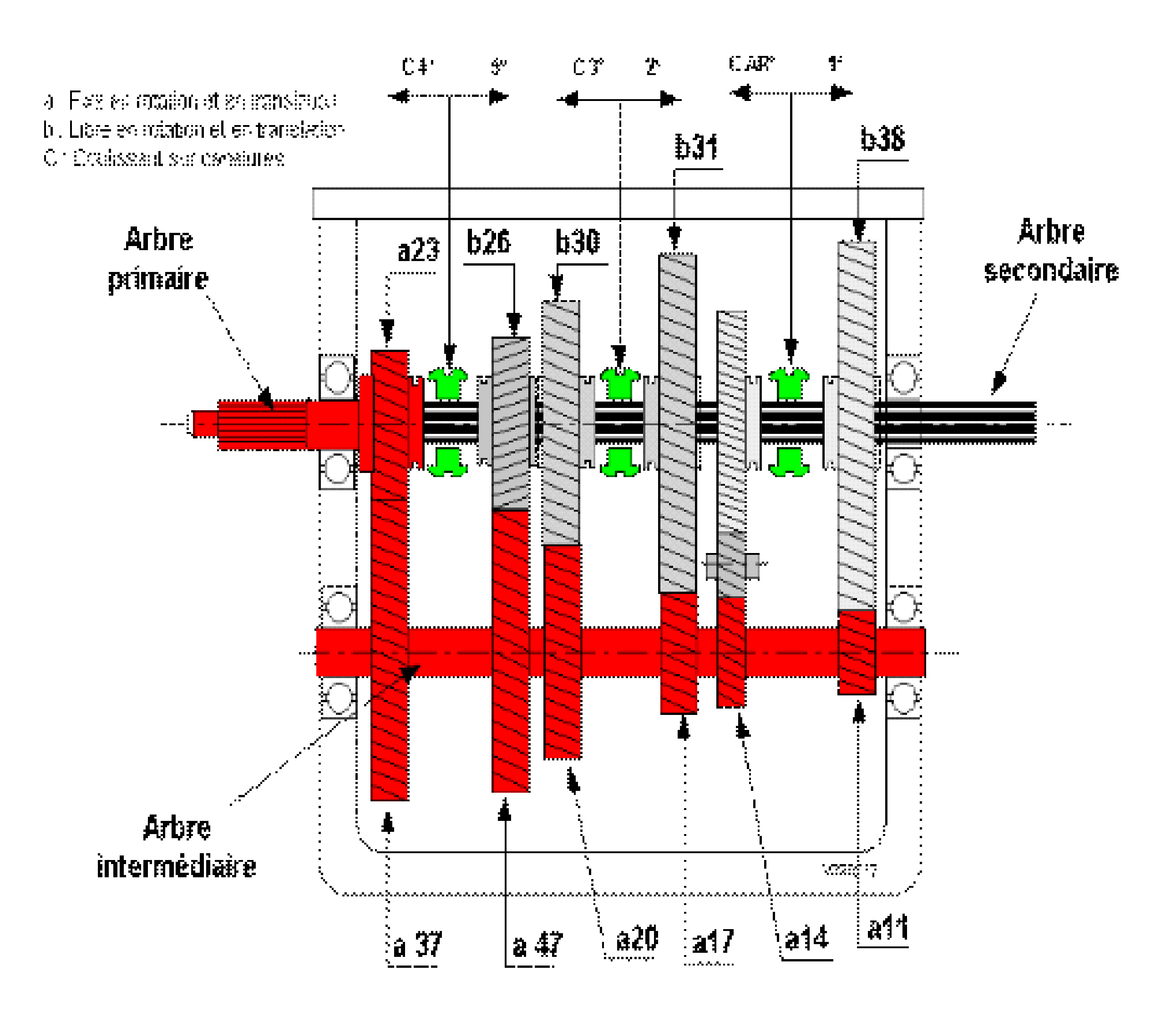
Permettre de séparer le moteur de la transmission, la boîte de vitesses étant au point mort et l'embrayage à la position embrayée.

## *III – CONSTITUTION :*

*a) Une boîte de vitesses est composée*

D'un carter en alliage léger ou en fonte (généralement en fonte sur les véhicules industriels) dans lequel sont placés trois arbres

L'arbre primaire (entrée), L'arbre intermédiaire, L'arbre secondaire (sortie).



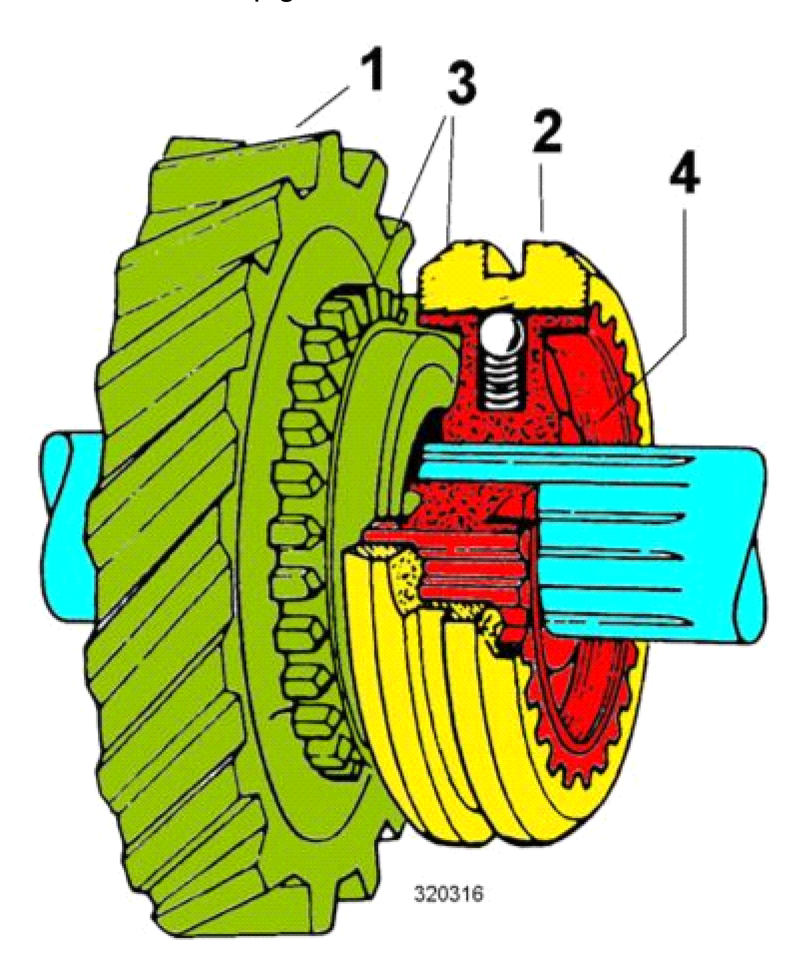
## ***IV – FONCTIONNEMENT D'UNE BOITE DE VITESSES SYNCHRONISEE A COMMANDE CLASSIQUE :***

Le synchroniseur ayant pour rôle d'amener progressivement la vitesse du pignon à celle du baladeur

Le passage du rapport va s'effectuer en 2 temps.

1er temps synchronisation - Par action sur le levier, on commande le synchroniseur vers le pignon à craboter. Le baladeur et le moyeu sont rendus solidaires latéralement par des billes. Le cône femelle du moyeu vient en contact avec le cône mâle du pignon. Par friction des cônes, le pignon et le moyeu égalisent leurs vitesses c'est la synchronisation.

2ème temps : crabotage Le cône femelle du moyeu étant en butée sur le cône male du pignon, l'effort du baladeur va alors s'appliquer sur les billes et les effacer en les enfonçant sur leur ressort. Ceci va avoir pour effet de libérer la couronne. Celle-ci en continuant son déplacement va venir s'engager sur les dents de crabotage du pignon sans difficulté, les deux ensembles tournant à la même vitesse. Le crabotage et la liaison arbre-pignon sont donc réalisés.



Le synchroniseur est un embrayage à friction conique, en position repos « Point mort », le pignon (1) est fou sur l'arbre, l'anneau baladeur (2) et le moyeu (4) sont solidaires et tournent à la vitesse de l'arbre.

## ***V – ENTRETIEN :***

Contrôler l'étanchéité,

Vérifier le niveau d'huile,

Effectuer la vidange et remplacer l'huile selon la périodicité et les normes préconisées par le constructeur.

-